

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

NOTES ET MÉMOIRES

1954



Digitized by the Internet Archive
in 2024

LA SÉRIE DAHOMEYENNE DE TAKAMBA DANS LA BOUCLE DU NIGER

PAR **Henri Radier** ¹.

Sommaire. — Dans la boucle du Niger, l'auteur définit et décrit une série nouvelle, du Précambrien. Dans le cadre de la synthèse du Précambrien de l'A. O. F. proposée par M. Roques, la série représente un nouveau terme du Dahomeyen de cette région. Ceci met en évidence une analogie entre les faciès du Dahomeyen des différentes provinces d'A. O. F.

INTRODUCTION. — Les séries anciennes de la boucle du Niger sont bien connues des géologues intéressés par la géologie de l'A. O. F. En effet, après les avoir reconnues et identifiées en 1943 ², M. Roques en fait un des piliers de la stratigraphie du Précambrien de l'A. O. F. dans une récente synthèse ³.

De haut en bas, ces séries s'ordonnent ainsi :

série d'Ydouban-Yassane
série de Labbezenga
série d'Ansongo
discordance
Gneiss de Bourré.

Nous rappellerons brièvement les caractères de ces différentes séries :

Pétrographie. — Série d'Ydouban : schistes argileux rouges ou jaunes et grès tufacés.

— Série de Labbezenga : séricito- et chloritoschistes avec quelques bancs de quartzites à séricite.

— Série d'Ansongo : leptynites quartzzeuses et quartzites à muscovite avec quelques lits schisteux et des conglomérats intra-formationnels à la base.

— Gneiss de Bourré : orthogneiss à séricite et amphibole.

Métamorphisme. — On observe dans ces séries un métamorphisme croissant de haut en bas. La série d'Ydouban n'a pas subi de recristallisation ; on y remarque une simple orientation des minéraux antérieurs au métamorphisme. Les séries de Labbe-

1. Note présentée à la séance du 18 janvier 1954.

2. ROQUES M. (1945). *B. S. G. F.*, (5), XV, p. 523-546.

3. ROQUES M. (1948). *Ibid.*, (5), XVIII, p. 589-628.

zenga et d'Ansongo ont été métamorphisées dans la zone des Micaschistes supérieurs ; cependant, la muscovite n'apparaît que dans la série d'Ansongo.

Stratigraphie. Tectonique. — Les séries d'Ydouban, de Labbezenga et d'Ansongo, se superposent en concordance, et, par alternance de faciès, dans les zones de passage des quartzites aux schistes.

La série d'Ansongo affleure selon un axe anticlinal orienté SE-NW. Les séries de Labbezenga et d'Ydouban affleurent de part et d'autre, mais, plus largement, en un vaste synclinorium, sur le flanc sud-ouest. La série d'Ansongo repose en discordance sur les orthogneiss de Bourré dont elle renferme des galets dans ses conglomérats intraformationnels. Les Gneiss de Bourré apparaissent en boutonnière au cœur de l'axe anticlinal de la série d'Ansongo.

Chargé par la Direction fédérale des Mines et de la Géologie en A. O. F. du lever de reconnaissance au 500 000^e de la feuille Gao, au cours d'une première mission (1948-1950), j'avais étudié le Cristallin affleurant entre le 16^e parallèle et le cours du Niger de Bamba à Gao. J'ai pu ainsi, d'une part, préciser l'extension vers le NW des séries d'Ansongo, de Labbezenga et d'Ydouban, et, d'autre part, montrer l'existence d'une nouvelle série, dite de Takamba, qui apparaît en discordance cartographique, tectonique et métamorphique sous les précédentes.

DESCRIPTION DE LA SÉRIE DE TAKAMBA. — Extension. — La série de Takamba affleure largement à l'intérieur du rectangle formé par les parallèles 16°40' et 17°, et les méridiens 0°30'W et 1°10'W ; mais les affleurements les plus nets se trouvent sur les rives et dans le lit du Niger où il est très facile de les observer en basses eaux (mai-juin). Dans le Gourma (rive gauche du Niger), par contre, la série rigoureusement arasée est uniformément recouverte d'une épaisse carapace ferrugineuse qui est à l'origine d'un relief tabulaire peu élevé ; la nature du substratum n'apparaît que très rarement dans les ravins qui entament les bords des plateaux

Constitution lithologique. — La série dérive, en majeure partie, de grès à ciment argileux sans impuretés. Elle est presque exclusivement représentée par des quartzites à muscovite. Cependant, à l'E de la zone d'affleurements, dans le défilé de Taoussa, la série gréseuse passe, vers le sommet, à une alternance de bancs argileux et quartzeux qui ont donné séricitoschistes et quartzites. Par ailleurs, dans le cœur des anticlinaux, on voit la série gréseuse passer, vers la base, à une série alumineuse et magnésienne qui apparaît avec des faciès de la zone des Gneiss inférieurs.

Métamorphisme. — Un examen rapide de la série donne l'impression d'un métamorphisme faible où domine la zone à muscovite. Mais cette impression est erronée car elle résulte de deux facteurs importants :

— le métamorphisme s'exprime difficilement dans une série gréseuse ;

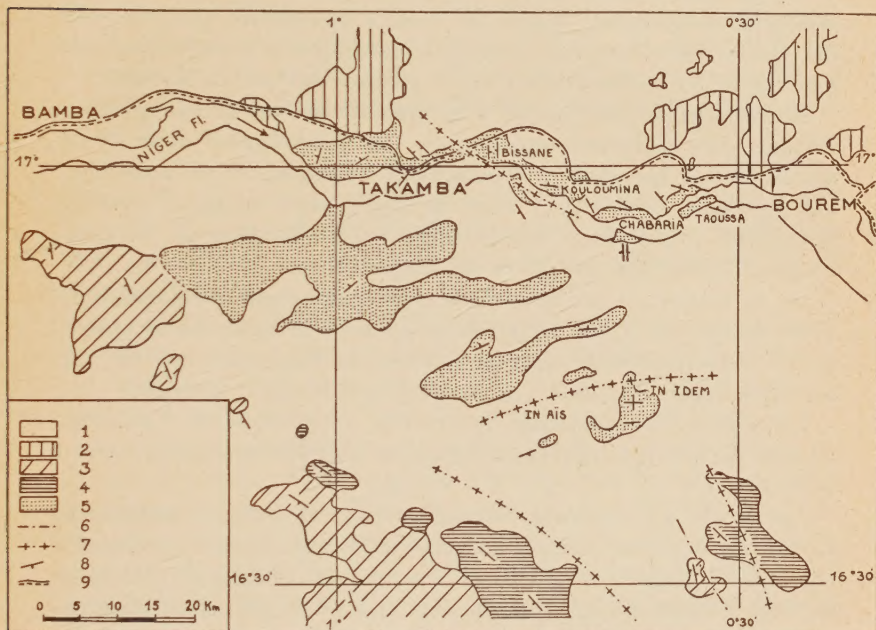


FIG. 1. — Affleurements de la série de Takamba.

1 : dunes, alluvions ; 2 : Continental terminal ; 3 : série de Labbezenga ; 4 : série d'Ansongo ; 5 : série de Takamba ; 6 : axe synclinal ; 7 : axe anticlinal ; 8 : pendage ; 9 : piste automobile.

— une mylonitisation étendue a provoqué un rétro-morphisme, sensible dans les quartzites, et, très net dans les bancs schisteux de la région de Taoussa, faisant apparaître séricite, chlorite vermiculée et sagénite.

En effet, un examen minutieux des cœurs d'anticlinaux, montre que la série gréseuse passe vers la base à une série alumineuse et magnésienne où le métamorphisme a pu s'exprimer clairement. Quelques rares rochers, dans le lit du Niger, uniquement visibles en très basses eaux, montrent le passage depuis les quartzites à muscovite jusqu'à des gneiss profonds.

Ce sont d'abord des quartzites à muscovite amphibole et grenats ; des quartzites à deux micas et grenats ; des paragneiss à deux micas, qui se placent dans la zone des Gneiss supérieurs. Sous ces faciès, on trouve des parapyroxénites à grenats et phlogopite ou à grenats et amphibole, que l'on peut rattacher à la zone des Gneiss inférieurs.

Ainsi, dans la série de Takamba, on peut reconnaître des zones d'isométamorphisme, depuis la zone à muscovite jusqu'à celle des Gneiss inférieurs. Les zones intermédiaires n'apparaissent pas clairement en raison du faciès peu propice des roches initiales.

Tectonique. — La série de Takamba révèle une tectonique très intense. Les affleurements visibles en basses-eaux dans le lit du Niger en fournissent d'excellents exemples. Non seulement les pendages verticaux y sont la règle, mais encore, les zones flexueuses, plissotées et mylonitisées y sont fréquentes. De plus, on peut y observer des plis à axe vertical.

On se trouve en présence d'un style tectonique comparable au type décrit par Anna Hietanen dans les « Svecofennidic Quartzites », série inférieure du Précambrien de Finlande, sous le nom de « Schliengen tectonic », à axe *b* généralement vertical ¹.

L'examen microscopique des roches de la série de Takamba, montre qu'elles ont toutes été soumises à de fortes tensions, sinon mylonitisées.

Les bancs de mylonites intercalés dans la série se présentent tantôt sur plusieurs mètres d'épaisseur, tantôt en lits très minces (quelques millimètres) alternant avec des lits intacts sur plusieurs mètres. L'intensité de l'écrasement fut telle que ces mylonites ont un aspect sédimentaire, amorphe, et même le microscope n'y montre qu'une purée d'éléments dont la plupart sont indéterminables. Seule, l'alternance avec des lits intacts permet de définir la roche originelle, en l'occurrence des quartzites à muscovite ou à deux micas, et, peut-être des gneiss quartziques.

Parfois l'écrasement des quartzites a été suivi de recristallisation : le quartz a pris une forme massive et limpide en repoussant les impuretés et les feuillets de muscovite selon des joints irréguliers ; l'ensemble du banc a pris un aspect de quartz filonien.

Du fait de cette complexité tectonique, directions et pendages des couches sont assez désordonnés et il est malaisé de retrouver les lignes directrices. Cependant, deux grands axes anticlinaux sont bien individualisés :

1. HIETANEN A. (1938). On the petrology of the finnish quartzites. University of Helsinki, p. 112.

— le premier, sur le Niger, entre Bissane et Kouloumina, sinon jusque Chabaria, est orienté E-SE,

— le deuxième, plus au S, dans la région In Aïs-In Idem, est orienté E-NE.

RELATIONS AVEC LA SÉRIE D'ANSONGO. — *Position par rapport à la série d'Ansongo.* — La carte géologique montre que l'alignement régulier des affleurements des séries d'Ansongo et de Labbezenga est brusquement interrompu vers le NW par la zone d'affleurements de la série de Takamba : il y a discordance cartographique.

Malheureusement, je n'ai pas encore pu observer le contact pour les raisons suivantes :

— la série d'Ansongo affleure en gros bancs avec un pendage sud-ouest. Elle donne ainsi naissance à une falaise face au NE. Au pied de cette falaise s'étend une vaste dépression ensablée au delà de laquelle apparaissent les premiers affleurements de la série de Takamba.

— au SE de Bamba s'étend une zone de plateaux ensablés. L'existence de ces plateaux est due à une épaisse carapace ferrugineuse. Sous cette carapace et les placages de sable existe le contact entre la série de Takamba et celle de Labbezenga.

Différence de tectonique. — La discordance cartographique est encore accentuée si l'on examine les directions tectoniques. Alors que les axes des séries d'Ansongo sont orientés SE-NW dans leur ensemble, les axes anticlinaux reconnus dans la série de Takamba ont une direction générale E-W. Ainsi, plus particulièrement dans la région du contact, l'écart angulaire entre les deux groupes de directions tectoniques est de l'ordre de 60°.

Par ailleurs, les styles tectoniques sont également très différents. En effet, nous avons vu que la série de Takamba a subi une tectonique très intense — « Schliengen tectonic » — marquée par des pendages verticaux, des régions de mylonites et des plis très serrés, à axe *b* vertical. Par contre, les séries d'Ansongo et de Labbezenga ont subi une tectonique très molle donnant des plis de grande amplitude à axe *b* horizontal ; non seulement je n'y ai jamais observé de pendages verticaux, mais encore les pendages excèdent rarement 45°.

Ici encore, le rapprochement avec les séries de Finlande est suggestif. En effet, Anna Hietanen y décrit :

— la série des « Karelidic Quartzites » avec « alpine tectonic » à axe *b* horizontal, *discordants sur* :

— la série des « Svecofennidic Quartzites » avec « Schliengen tectonic » à axe *b* généralement vertical.

La similitude des relations entre les deux séries quartzitiques de Finlande et les deux séries quartzitiques de la boucle du Niger paraît évidente.

Différence de métamorphisme. — Nous avons vu que la série de Takamba a subi un métamorphisme allant de la zone des Micaschistes supérieurs à celle des Gneiss inférieurs. Par contre, les séries d'Ansongo et de Labbezenga sont restées, sur toute leur étendue, dans la zone des Micaschistes supérieurs.

RELATIONS AVEC LES GNEISS DE BOURRÉ. — La série de Takamba et les Gneiss de Bourré affleurent à plus d'une centaine de kilomètres de distance mais présentent un caractère commun fondamental : celui d'apparaître en discordance sous la série d'Ansongo.

Il paraît donc logique de les rapporter au même système et d'envisager que les orthogneiss de Bourré peuvent dériver de granites intrusifs dans la série de Takamba.

En effet, M. Roques a révélé la présence dans les Gneiss de Bourré d'anciens sédiments antérieurs au granite, sous forme de schistes sériciteux, en septas étirés dans les gneiss ou en enclaves dans le granite.

D'autre part, la série d'Ansongo renferme à la base d'importants conglomérats intraformationnels dans lesquels on trouve, principalement, des galets de quartzites, mais également quelques galets de granite. Si l'origine des galets de granite avait pu être attribuée par M. Roques au massif de Bourré, celle des galets de quartzites, par contre, restait énigmatique. La mise en évidence d'une série quartzitique antérieure à la série d'Ansongo permet de reprendre à cette question.

AGE DE LA SÉRIE DE TAKAMBA. — Dans sa synthèse du Précambrien de l'A. O. F., reprenant les séries qu'il avait précédemment définies dans la boucle du Niger, M. Roques propose de les dater selon le tableau suivant :

BOUCLE DU NIGER	A. O. F.
Série d'Ydouban-Yassane.	Birrimien inférieur
Série de Labbezenga.	
Série d'Ansongo.	
discordance	Atacorien
Gneiss de Bourré.	Dahomeyen

Dans le cadre de cette synthèse, la série de Takamba, en discordance sous la série d'Ansongo représente un des termes du Dahomeyen dans la boucle du Niger.

Par ailleurs, les travaux de P. Aicard, R. Pognet et A. Blanchot sur le Dahomeyen du Dahomey, du Togo et de Mauritanie, ont permis dans les trois cas de distinguer deux grands ensembles



FIG. 2. — Esquisse du Précambrien de la boucle du Niger.

- 1 : couverture sédimentaire ; 2 : série d'Ydouban ; 3 : série de Labbezenga ;
4 : série d'Ansongo ; 5 : Gneiss de Bourré ; 6 : série de Takamba.

péetrographiques et chronologiques différents : un Dahomeyen sédimentaire et un Dahomeyen plutonique.

Le Dahomeyen sédimentaire, plus ancien, est composé de schistes métamorphiques dérivant de sédiments. Le Dahomeyen plutonique, plus récent, dérive de roches granitiques intrusives dans le précédent. Les roches de ces deux ensembles ont, en règle générale, été soumises à un métamorphisme profond de la zone des Gneiss inférieurs, et, plus ou moins, migmatisées. Le Dahomeyen

est recoupé par des granites présentant tous les caractères de granites birrimiens.

Par conséquent, dans la boucle du Niger, d'une part les Gneiss de Bourré correspondent au Dahomeyen plutonique et, d'autre part, la série de Takamba correspond au Dahomeyen sédimentaire ¹.

Ainsi dans la boucle du Niger, nous retrouvons tous les faciès qui caractérisent le Dahomeyen du Togo-Dahomey, de Mauritanie et de l'Adrar des Iforas ².

1. Si l'on admet cette interprétation, un nouvel argument intervient pour expliquer le faible métamorphisme apparent de la série de Takamba : le métamorphisme birrimien de la zone des Micaschistes supérieurs, dont l'action est visible sur les Gneiss de Bourré, aurait pu provoquer un rétomorphisme dans la série de Takamba.

2. Les granites birrimiens ne sont pas visibles dans la boucle du Niger, mais leur présence à faible profondeur est révélée par : des pegmatites à tourmaline dans la série de Takamba, région de Téméra-Bissane ; localement, une tourmalinisation importante et des tourmalinites, indifféremment dans les séries de Takamba, d'Ansongo, de Labbezenga et d'Ydouban ; à Agamor et In Aoukert, 80 km à l'E des affleurements cristallins les plus proches, des sondages hydrogéologiques ont atteint le socle représenté par un granite porphyroïde à biotite.

FAMENNIEU TERMINAL AUX ENVIRONS DE BÉNI-ABBÈS (SAHARA NORD-OCCIDENTAL)

PAR Germaine Petter ¹.

Sommaire. — La découverte, faite par M. Ovodenko, d'un gisement à *Wocklumeria*, à quelques kilomètres en aval de Béni-Abbès, complète la série des zones d'Ammonoïdées du Famennien de la vallée de la Saoura. La succession des gisements postérieurs à la zone V et la composition faunique de ceux-ci sont exposées à l'aide de deux coupes faites, l'une légèrement en amont de Marhouma, et l'autre aux environs de Ouaraourout. L'appauvrissement relatif des faunes d'Ammonoïdées dans les gisements du sommet du Famennien ainsi que le développement des faciès gréseux à cette même époque, seraient en liaison avec des oscillations du fond de la mer dont l'amplitude maximum se place à la fin du Dévonien ou au début du Carbonifère.

HISTORIQUE. — Une partie des importants gisements d'Ammonoïdées de la vallée de la Saoura fut reconnue dès 1903, aux environs de Ouaraourout, par E. F. Gautier qui confia l'étude du matériel récolté à E. Haug. L'ensemble des fossiles déterminés étaient attribuables à la zone IV du Famennien. Plus tard, N. Menchikoff, en 1930 et 1933, compléta ces données en signalant aux environs de Ouaraourout et en différents autres points de la vallée de la Saoura, la présence des zones II, III, IV et V du Famennien mais, il restait à trouver, pour que la succession des niveaux à Ammonoïdées fut aussi complète dans la Saoura qu'en Allemagne, la zone VI à *Wocklumeria*. La découverte en fut faite en 1953 par M. Ovodenko qui a bien voulu me signaler l'emplacement du gisement. Je tiens à lui exprimer ici ma gratitude et mes très sincères remerciements.

I. DESCRIPTION DU FAMENNIEU TERMINAL à quelques kilomètres en amont de Marhouma. — Le gisement à *Wocklumeria* est situé à mi-distance environ entre Hedeb-Babaïda et Marhouma, légèrement en amont du point le plus élevé du Djebel Kahal. On ne peut malheureusement suivre ce niveau sur une grande distance, les oueds étant nombreux et larges en cet endroit. De plus, des lambeaux de Hamada, recouvrant les terrains primaires, rendent difficile l'établissement d'une coupe précise.

Cependant, par recoupement avec les observations faites légèrement plus au N, vers Hedeb-Babaïda, on peut établir la série suivante.

À la zone V, cachée sous la Hamada au niveau du gisement à *Wocklumeria*, succède une série schisto-gréseuse (grès feuilletés ou même grès en bancs massifs). Ces schistes renferment en outre des lits de rognons aplatis, très

1. Note présentée à la séance du 18 janvier 1954.

ferrugineux. Ces lits coïncident avec plusieurs gisements fossilifères, souvent riches en Goniates et Clymènes : *Cymaclymenia striata* MÜNSTER, *C. ovata* SCHINDEWOLF, *Imitoceras lineare* MÜNSTER, *I. intermedium* SCHINDEWOLF, *I. denckmanni* WEDEKIND, *I. cf. globosum* SCHINDEWOLF, *Oxyclymenia bisulcata* WEDEKIND, *O. linearis* MÜNSTER, *Lobotornoceras aff. bilobatum* WEDEKIND, *Sporadoceras posthumum* WEDEKIND, accompagnées de Lamellibranches, d'Orthocères et de restes d'Arthrodières.

Les Cymaclymènes sont extrêmement abondantes dans tous ces niveaux fossilifères. Cependant, l'avant-dernier lit fossilifère précédant le gisement à *Wocklumeria* est particulièrement riche en *Imitoceras* : *Imitoceras* 49 %, *Cymaclymenia* 37 %. On a, en outre, trouvé dans ce gisement un exemplaire de *Lobotornoceras escoti* FRECH, espèce signalée jusqu'ici dans le Famennien III. Entre ce gisement à *Imitoceras* et celui à *Wocklumeria* existe encore un niveau où dominent les Cymaclymènes.

Le gisement à *Wocklumeria*, qui caractérise la zone VI du Famennien, se présente comme les précédents dans des schistes roses où sont inclus de nombreux rognons ferrugineux. Les espèces suivantes y ont été récoltées : *Wocklumeria aperta* SCHINDEWOLF, *W. plana* SCHINDEWOLF, *Gonioclymenia wocklumeriensis* LANGE, *Sporadoceras cf. heterolobatum* LANGE, *Oxyclymenia* sp., *Cymaclymenia striata* MÜNSTER, accompagnées de nombreux Orthocères, de quelques Lamellibranches, de rares Trilobites (*Phacops papulatus* RICHTER), de tiges d'Encrines et de Polypiers solitaires. Par rapport au gisement précédent, les Cymaclymènes sont relativement peu nombreuses (19 % de la faune globale).

L'épaisseur des sédiments déposés entre le dernier niveau de la zone V et la zone VI est de l'ordre de 200 à 250 m.

Au delà de ce niveau à *Wocklumeria*, le Famennien se continue avec les mêmes faciès schisto-gréseux, mais les grès prennent un développement de plus en plus important. Les seuls fossiles récoltés postérieurement à la zone VI sont des Cymaclymènes et quelques *Imitoceras*.

Enfin, le Famennien supérieur supporte une épaisse série gréseuse formant la crête en relief du Djebel Kahal qui se prolonge vers le SE presque sans discontinuité sur une quarantaine de kilomètres. Ces grès à ripple-marks et à pistes de Vers sont l'équivalent de ceux qui apparaissent plus au N, au delà de Ouaraourout.

II. COUPE DU FAMENNIEN SUPÉRIEUR à quelques kilomètres au NW de Ouaraourout (fig. 1). -- Au deuxième banc de calcaires griottes à *Gonioclymenia subcarinata* définissant la zone V, succèdent :

1. Des schistes roses puis verdâtres, intercalés de grès fins, feuilletés, en bancs assez nombreux mais peu épais.

2. Deux lits de calcaires lie de vin (1 et 2), séparés par une faible épaisseur de schistes. Les sédiments déposés entre le dernier niveau de la zone V et le banc calcaire 2 sont épais d'environ 70 m.

Ces deux lits calcaires, notamment le second, renferment une faune riche de Goniates et de Clymènes : *Cymaclymenia striata* MÜNSTER, *C. ovata* SCHINDEWOLF, *Imitoceras lineare* SCHINDEWOLF, *I. intermedium* SCHINDEWOLF, *I. denckmanni* WEDEKIND, *I. cf. globosum* SCHINDEWOLF, *Cyrtoclymenia cf. plicata* MÜNSTER, *C. sp.*, *Oxyclymenia bisulcata* MÜNSTER, *Lobotornoceras aff. bilobatum* WEDEKIND, accompagnées d'assez nombreux Lamellibranches, de quelques Orthocères et de rares Polypiers, Trilobites (*Phacops*

papulatus RICHTER) et Brachiopodes. Le genre dominant est *Cymaclymenia* (34 % des échantillons récoltés) ; les *Imitoceras* (29 %) et les *Oxyclymenia* (18 %) sont assez nombreux, les autres genres sont rares.

3. Une vingtaine de mètres de schistes rosés.

4. Un banc de grès feuilletés.

5. Des schistes marneux jaunâtres renfermant de nombreuses empreintes de petits Lamellibranches et quelques-unes d'Oxyclymènes.

6. Un mince niveau de calcaire lie de vin (3), séparé du précédent par une quarantaine de mètres d'épaisseur.

7. Des schistes couronnés par des grès feuilletés.

8. Un niveau calcaire lie de vin grumeleux (4).

Les faunes des deux derniers lits calcaires 3 et 4 sont identiques. On y trouve : *Cymaclymenia striata* MÜNSTER, *Cymaclymenia ovata* SCHINDEWOLF, *Imitoceras denckmanni* WEDEKIND, *Imitoceras* cf. *globosum* SCHINDEWOLF, *Cyrtoclymenia* cf. *plicata* MÜNSTER, *Cyrtoclymenia* sp., *Sporadoceras* cf. *hete-*

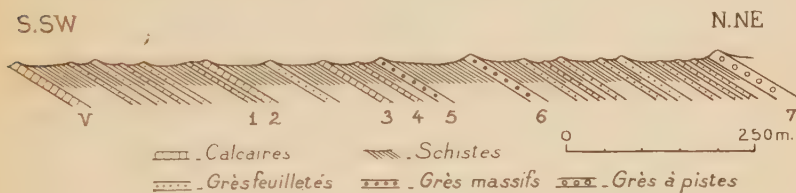


FIG. 1. — Coupe du Famennien à Ouarourout.

lobatum LANGE, *Lobotornoceras* aff. *bilobatum* WEDEKIND. Les Cymaclymènes sont encore nettement dominantes ; les *Imitoceras* sont assez nombreux, *Lobotornoceras*, *Sporadoceras*, *Cyrtoclymenia* sont très rares. La faune annexe est représentée par des Lamellibranches, Orthocères, Trilobites (*Phacops*), de rares Brachiopodes et tiges d'Encrines.

9. Une faible épaisseur de schistes couronnés par un banc de grès métrique. Celui-ci (5) est, à sa base, rougeâtre de structure grossière, se délitant en plaques ; puis il devient quartzitique et foncé. Les sédiments déposés entre le niveau calcaire 3 et ce banc gréseux représentent une vingtaine de mètres d'épaisseur.

Le niveau calcaire 4 représente le dernier gisement fossilifère trouvé dans le Famennien de Ouarourout.

10. Une centaine de mètres de schistes verts ou roses renfermant un banc de grès quartzitique, épais d'environ 1 m.

11. Une trentaine de mètres de schistes verts ou roses intercalés de grès feuilletés.

Au sommet de ces schistes, apparaît une très importante formation gréseuse, se marquant nettement dans le paysage. On y distingue plusieurs bancs de 50 cm à 1 m d'épaisseur, de grès foncé, à pistes de Vers et ripple-marks. Ces grès sont séparés par des schistes gréseux, rougeâtres ou verdâtres se délitant en plaques. La fig. 1 ne fait apparaître que le début de ces formations. Aucun fossile n'a jusqu'ici été récolté dans ces formations qui correspondent à celles du Djebel Kahal.

CONCLUSIONS. — La présence de *Wocklumeria* dans la vallée de la Saoura complète la série des genres d'Ammonoïdées, grâce auxquels peuvent être caractérisés tous les niveaux de l'Eifélien au sommet du Famennien, le niveau à *Gattendorfia*, parfois attribué au Dévonien étant à placer d'après H. Schmidt, Delépine et Meyendorf à la base du Carbonifère.

La comparaison des deux coupes précédentes met en évidence un ralentissement sensible de la sédimentation vers le NW, aux environs de Ouarourout. Mais, de Ouarourout jusqu'à Tamtert, le Famennien supérieur se présente avec les mêmes faciès. Bien que l'on n'y ait pas trouvé de *Wocklumeria*, genre rare même dans le gisement reconnu, on peut, d'après l'épaisseur des sédiments et compte tenu de la différence d'importance des dépôts séparant la zone à Gonioclyménies et les grès à ripple-marks, considérer le niveau calcaire 4 de Ouarourout comme correspondant à la zone VI.

Le recensement des espèces trouvées dans les gisements fameniens postérieurs à la zone V permet en outre de dégager quelques faits intéressants.

Jusqu'ici, ont été dénombrées 17 espèces de Goniatites et Clyménies se répartissant en 8 genres. Les proportions établies sur un nombre suffisamment élevé d'individus font ressortir la prédominance marquée du genre *Cymaclymenia* : compte tenu des Orthocères, Lamellibranches, Polypiers etc.... 54 % des fossiles récoltés dans l'ensemble des gisements considérés appartiennent au genre *Cymaclymenia*. Le genre *Imitoceras* vient en second lieu, représentant 19 % de la faune. Cependant les *Cymaclyménies* sont relativement peu abondantes dans le gisement à *Wocklumeria* bien qu'elles persistent au delà de ce niveau.

Donc, les Ammonoïdées du sommet du Famennien sont caractérisées dans la vallée de la Saoura par l'épanouissement des *Cymaclyménies*. Par ordre d'importance les autres genres se répartissent ainsi : *Imitoceras* encore abondants. *Oxyclymenia* moyennement abondantes dans les niveaux immédiatement supérieurs à la zone V puis rares ; *Sporadoceras*, *Wocklumeria*, *Gonioclymenia*, *Cyrtoclymenia*, *Lobotornoceras* sont rares ou très rares.

En outre, sur les 17 espèces récoltées, 3 seulement (*Wocklumeria pluna*, *W. aperta*, *Gonioclymenia wocklumensis*), sont propres à la zone VI, les autres existent déjà dans les niveaux précédents. Il est intéressant de comparer ces données à celles de Schindewolf concernant la zone VI en Allemagne. Provenant des gisements de la vallée de l'Honne et de Kalkberg près d'Ebersdorf, cet auteur cite 64 espèces se répartissant en 18 genres. Sur ces 64 espèces,

55 ou 56 sont propres aux affleurements postérieurs à la zone V, 12 genres sont nouveaux du point de vue stratigraphique.

Même en envisageant la possibilité de trouvailles ultérieures, ces différences sont suffisamment fortes pour être considérées comme significatives. Alors que, jusqu'à la zone V y comprise, les faunes d'Ammonoïdées allemande et saharienne sont comparables par leur richesse en espèces, il ressort de cette comparaison, qu'à la fin du Famennien, la mer connut un appauvrissement relatif très sensible de ses faunes d'Ammonoïdées. La rareté et le très petit nombre des espèces stratigraphiquement nouvelles dans les gisements postérieurs à la zone V peuvent être interprétés comme l'indice de conditions, sinon incompatibles, du moins défavorables à un renouvellement de la faune par des migrations venant des mers lointaines. C'est essentiellement par la reproduction d'espèces autochtones, relativement anciennes que se seraient maintenues Goniatites et Clymènes.

Cet appauvrissement peut être mis en parallèle avec l'évolution des faciès pétrographiques.

En effet, le Famennien supérieur présente par rapport aux étages précédents un caractère nouveau consistant dans le développement de plus en plus important des grès. A n'envisager, par exemple, que le Famennien dans son ensemble, on observe la succession suivante.

— La base de cet étage est schisteuse (niveau à *Cheiloceras*).

— La partie moyenne est caractérisée par l'important développement des calcaires griottes, correspondant aux zones III et IV. D'ailleurs, quoique ces calcaires forment parfois des bancs compacts d'1 m. d'épaisseur, les schistes rouges sont encore bien développés et c'est par ce faciès que se termine la zone IV.

— Une récurrence des calcaires griottes se produit au niveau de la zone V, mais il ne s'agit plus que de deux bancs peu épais, séparés par des schistes intercalés de grès feuilletés. A partir de la zone V, les formations gréseuses deviennent de plus en plus importantes et forment des bancs d'épaisseur variable mais non négligeable. Si l'élément calcaire n'a pas entièrement disparu, il ne se manifeste plus que de façon très sporadique, notamment vers Ouaraourout, en niveaux très peu épais.

La période optima pour les Ammonoïdées correspond aux dépôts des calcaires griottes des zones III, IV et V. Au contraire, la prédominance très accentuée d'un genre (*Cymaclymenia*) et le nombre très restreint d'espèces stratigraphiquement nouvelles dans les gisements postérieurs à la zone V, sont certainement des indices biologiques de conditions défavorables, en liaison vraisemblable.

avec le développement des grès, ceux-ci ayant pu être conditionnés par des oscillations du fond de la mer, dont l'amplitude maximum correspondant aux grès à ripple-marks et à pistes de Vers se place à la fin du Dévonien ou au début du Carbonifère, l'absence de faune ne permettant pas de préciser leur âge.

BIBLIOGRAPHIE

- DELÉPINE G. (1930). — Les zones à Goniatites du Carbonifère. Livre jubilaire Soc. géol. France, p. 213.
- FRECH Fr. (1902). — Ueber devonische Ammoneen. *Beitr. Geol. u. Pal. Oesterreich., Ungarns und Orients*, Bd 14, p. 27-111, pl. 2-5.
- LANGE W. (1929). — Zur Kenntnis des Oberdevons am Enkeberg und bei Balve. *Abh. preuss. geol. Landesanst.*, N. F., H. 119.
- MATERN H. (1931). — Das Oberdevon der Dill-Mulde. *Ibid.*, N. F., H. 134.
- MEYENDORF A. (1939). — Les couches de passage du Dévonien au Carbonifère dans le Gourara (Sahara occidental). *C.R. Ac. Sc.*, t. 208, p. 228-229.
- PAECKELMANN W. (1913). — Das Oberdevon des Bergischen Landes. *Abh. preuss. geol. Landesanst.*, N. F. H. 170, p. 1-536.
- SCHINDEWOLF O. (1916). — Ueber das Devon von Gattendorf bei Hof. *Zeitschr. deutsch. geol. Gesellsch.*, Bd 68, p. 30-39.
- (1920). — Neue Beiträge zur Kenntniss der Stratig. u. Pal. des deutschen Oberdevons. *Senckenbergiana*, Bd 2, p. 114-129.
- (1923). — Beitr. zur Kenntnis des Paläozoicums in Oberfranken etc. *Neues Jahrb. Min., Geol. u. Pal.* Beil.-Bd 49, p. 250-509, pl. 14-18.
- (1924). — Bemerkungen zur Stratigraphie und Ammoneenfauna des Saalfelder Oberdevons. *Senckenbergiana*, Bd 6, p. 95-113.
- (1926). — Zur Kenntnis der Devon-Karbon-Grenze in Deutschland. *Zeitschr. deutsch. geol. Gesellsch.*, Bd 78, p. 88-133.
- (1937). — Zur Stratigraphie und Paläontologie des Wocklumer Schichten. *Abh. preuss. geol. Landesanst.*, N. F., H. 178, p. 1-132, pl. 1-4.
- SCHMIDT H. (1924). — Zwei Cephalopodenfaunen an der Devon-Carbon-Grenze im Sauerland. *Jahrb. preuss. geol. Landesanst.*, Bd 44, p. 98-171, pl. 19-26.
- WEDEKIND R. (1908). — Die Cephalopodenfauna des höheren Oberdevon am Enkeberge. *Neues Jahrb. Min., Geol. u. Pal.* Beil.-Bd 26, p. 565-634, pl. 39-45.
- (1913). — Beitr. zur Kenntnis des Oberdevon am Nordrande des rheinischen Gebirges. Zur Kenntnis der Prolobitiden. *Ibid.*, Abh., p. 78-95, pl. 8.
- (1914). — Monographie der Clymenien des rheinischen Gebirges. *Abh. K. Gesellsch. Wissensch. Göttingen*, math-physic. Kl., N. F., Bd 10, n° 1, p. 1-73, pl. 1 à 7.
- (1917). — Die Genera der Palaeoammonoidea. *Palaeontographica*, Bd 62, p. 85 à 184, pl. 14 à 22.
-

NOTE PRÉLIMINAIRE
SUR LA GLACIATION INFRA-CAMBRIENNE
DANS LE MASSIF ARMORICAIN

PAR **Maurice-J. Graindor** ¹.

Sommaire. — La tillite antérieurement décrite dans le Briovérien de Normandie appartient à un complexe s'étendant de Granville à Caen. Les Poudingues du Maine proviennent d'un remaniement de la tillite et le Poudingue de Gourin en dérive indirectement. De cette étude découlent trois conclusions : l'âge relatif de certains poudingues ; l'âge du Briovérien supérieur en Normandie ; l'existence de quatre niveaux distincts dans l'Infracambrien de Normandie.

Une note récente vient de confirmer l'existence d'une tillite dans le Briovérien de Normandie [Dangeard et Graindor, 1953]. Nous avons en particulier signalé que les caractères du gisement découvert sont très nettement en faveur d'une origine glaciaire, origine envisagée précédemment pour le Poudingue de Granville [Wegmann, Dangeard et Graindor, 1950] ².

Depuis ces observations sur le Poudingue de Granville, j'avais découvert, entre Granville et Caen, d'autres affleurements assimilables au complexe de la tillite. Si, en effet, on trace par l'imagination une ligne droite de Granville à Caen, on constate que cette ligne droite est orientée selon la direction générale du Briovérien. Aussi n'y avait-il rien d'invraisemblable à rencontrer de nouveau la tillite à l'W de Caen, là où nous l'avons signalée, à Saint-Germain-d'Ectot et à Anctoville. C'est, du reste, suivant approximativement cette direction générale que se situent les formations à galets, assez identifiées à la tillite de Granville, auxquelles je faisais allusion précédemment. L'analogie pétrographique entre ces dernières formations et celle de Granville réside surtout dans la gangue et la forme des galets car la taille de ceux-ci est inférieure à 5 cm, du moins dans les affleurements que nous connais-

1. Note présentée à la séance du 1^{er} février 1954.

2. Cette démonstration ne s'appuie pas seulement sur quelques caractères rencontrés séparément dans divers gisements, mais sur tous les caractères (trouvés en même temps au même endroit) considérés par tous les glaciologues comme constituant un faisceau de preuves de haute probabilité. Un seul caractère manque encore : la présence d'une surface moutonnée, d'un « bed-rock ».

sons actuellement, sur les territoires de Roncey, Saint-Denis-le-Gast, Quibou, Orbois. Cette dernière localité est située au SSE



FIG. 1. — Carte schématique du Briovérien de Normandie.

1 : Cambrien-Silurien et poudingue de la transgression ; 2 : Briovérien supérieur ; 3 : Briovérien moyen ; 4 : Briovérien inférieur ; 5 : granite briovérien d'Athis ; 6 : diorite quartzique de Coutances.

de Saint-Germain-d'Ectot : on y voit une roche absolument identifiable à la roche du complexe de la tillite de Quibou qui se trouve la plus éloignée, vers le N, de l'axe Caen-Granville. Or, la formation

d'Orbois est cartographiquement et pétrographiquement inséparable de la tillite de Saint-Germain-d'Éctot, tandis que les roches de Roncey et Saint-Denis-le-Gast se rattachent bien à Granville. Pour ces raisons, j'estime que nous sommes en présence de l'extension paléogéographique de la tillite.

L'étude de cette tillite dans la région de Granville permet de préciser sa position stratigraphique dans le Briovérien de façon assez précise : en effet, la nature des roches qui ont fourni les galets du Poudingue de Granville montre que la tillite est située vers le sommet du Briovérien : toutefois, elle n'occupe pas la position la plus élevée car il semble bien qu'au-dessus repose un complexe postglaciaire de schistes, grès et phyllades, s'étendant sur une épaisseur qu'on peut évaluer à quelques centaines de mètres.

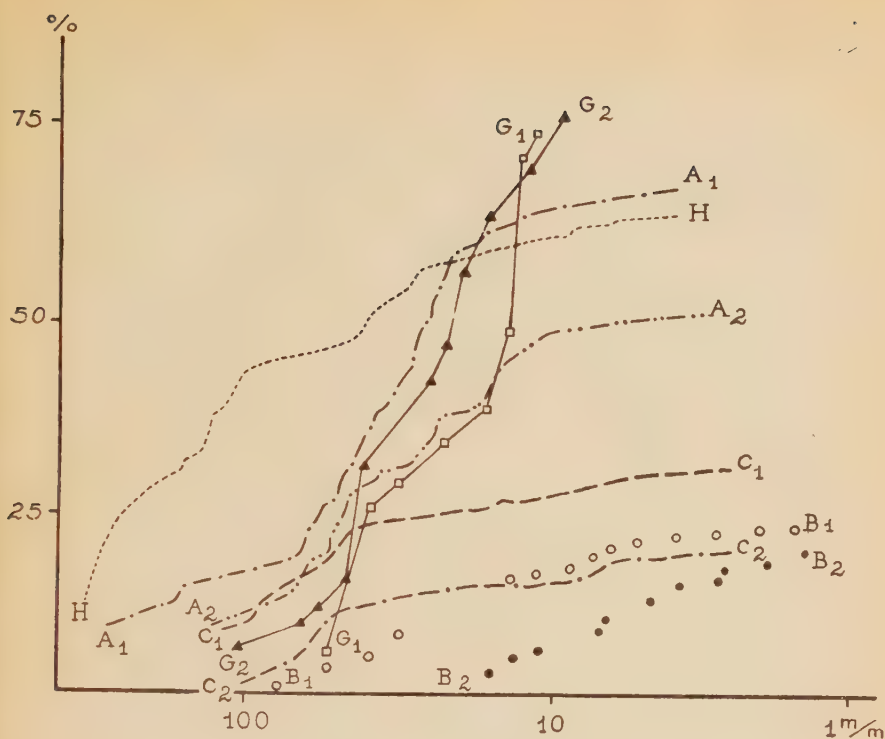
Grâce aux termes de comparaison fournis par ce dernier complexe de Granville avec d'autres régions du Briovérien normand, il me semble possible de dater la série de la vallée de la Laize avec ses schistes zonés, ses grès à lentilles argileuses tourbillonnantes, évoquant les phénomènes de courants de turbidité, et ses formations à cailloutis disséminés. Cette série de la vallée de la Laize occuperait la partie la plus élevée du Briovérien, au-dessus de la tillite. Ainsi, l'ensemble habituellement désigné sous le nom de Phyllades de Saint-Lô comprendrait-il des formations situées de part et d'autre de la tillite. Les Phyllades de Saint-Lô où, jusqu'à présent, on ne voyait pas de niveaux, m'apparaissent comme divisés par la tillite, puisque celle-ci contient, comme on l'a rappelé ci-dessus, des éléments indubitablement empruntés à ces phyllades : ceux-ci sont donc, en partie, inférieurs à la tillite, tandis qu'au-dessus de la tillite on trouve des couches liées aux phénomènes postglaciaires, dont le dépôt a recouvert la tillite ; la coupe de la vallée de la Laize, et celle de Saint-Pair-sur-Mer (Manche), fournissent de bons exemples de la série des Phyllades supérieurs. J'estime que c'est à ce complexe postglaciaire que doit être rattaché le poudingue briovérien à petits éléments qui a été décrit, tant à Granville que dans le Maine, et que j'ai désigné sous le nom de Poudingue d'Averton [Graindor, 1950] ; j'incline à considérer ce petit poudingue comme un produit de lessivage des couches post-glaciaires.

Parallèlement aux recherches précédentes, j'ai repris l'étude du problème des poudingues du Briovérien situés au N et au S des Coëvrons. J'avais déjà signalé antérieurement certaines analogies entre les Poudingues du Maine et celui de Granville [Graindor, 1952] ; mais la complexité du problème laissait subsister des incer-

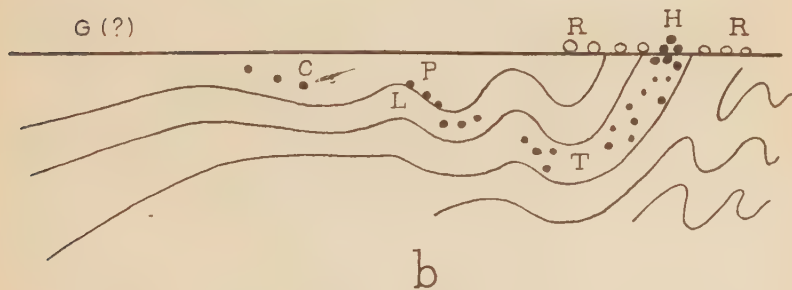
titudes ; un fait, en particulier, avait retenu mon attention : plus d'une fois, il m'avait semblé très embarrassant de déterminer sur le terrain la limite entre le Briovérien et le Cambrien supérieur. Tout se passait même quelquefois comme si, lorsque paraissait manquer le poudingue habituel de la grande transgression cambrienne, on rencontrait à sa place le poudingue du type de Pont-Landry. Mais cette manière de voir s'opposait manifestement à ce que l'on constate en d'autres points de cette région : la coexistence des deux poudingues, briovérien et cambrien, comme ceci se produit par exemple sur le territoire de Mont-Saint-Jean, à Courvale, sur la route de Sillé-le-Guillaume à Villaines-la-Juhel. Les principaux affleurements du poudingue du type de Pont-Landry se situent sur le territoire des communes de Mont-Saint-Jean, Saint-Georges-le-Gautier, Douillet-le-Joly, au N des Coëvrons. Aux poudingues de cette catégorie se rattache, au S des Coëvrons, celui de Parennes.

S'il est légitime, comme je l'ai rappelé ci-dessus, d'établir un certain parallélisme entre les poudingues briovériens de Normandie et du Maine, par leurs analogies pétrographiques et surtout granulométriques donnant des courbes cumulatives très voisines (fig. 2 a), il faut reconnaître que les analogies cessent à l'examen des indices d'émoussé. Les plus faibles indices sont ceux de Saint-Germain-d'Ectot et d'Anctoville, les plus élevés sont ceux du Maine. Quant à ceux de Granville, si l'on prend la moyenne statistique, ils occupent une position intermédiaire entre les indices précédents. Tout ceci suggère que, si l'on admet selon toute vraisemblance que le matériel de ces poudingues a une origine commune, il faut admettre qu'il y a eu remaniement, et de façon importante dans le cas des poudingues du Maine.

Je considère que les poudingues du N des Coëvrons, de Parennes, etc..., se situent, verticalement dans la série briovérienne, très près de la limite de la transgression cambrienne, d'une part à cause de ce qui a été indiqué au paragraphe précédent sur le remaniement des poudingues, et d'autre part parce qu'une telle manière de voir expliquerait pourquoi, comme cela se produit parfois, le poudingue de la transgression prend un faciès analogue au faciès sous-jacent, et comment il y aurait une sorte de mimétisme. Un exemple de cette conjoncture peut se voir, en particulier, à La Crouzille, au S d'Assé (Mayenne). Là, le poudingue, manifestement bien daté par Ehlert, présente une ressemblance avec les poudingues de Parennes ou de Pont-Landry qui ne manque pas de frapper l'observateur. Le principal critère pour différencier ces poudingues me paraît être l'analyse morphoscopique : les indices



a



b

FIG. 2. — Poudingues du Briovérien.

a : *Courbes cumulatives des diverses formations.* En abscisses : dimensions en mm ; en ordonnées : masse totale en % des éléments plus grands que la dimension considérée. Analyse effectuée par mensuration à deux dimensions, méthode de A. Cailleux [1947] ; sauf deux mensurations à trois dimensions faites à Pont-Landry. A₁, A₂ : Poudingue de Saint-Germain d'Ectot (12 mesures) ; B₁, B₂ : Poudingue de Granville (20 mesures) ; C₁, C₂ : Poudingue de Pont-Landry (15 mesures) ; G₁, G₂ : Poudingue de Gourin (8 mesures) ; H : Poudingue de Hainneville.

Lorsque deux courbes sont figurées pour un même poudingue, elles représentent les courbes extrêmes.

b : *Positions relatives.* T : tillite ; L : Poudingue de Pont-Landry ; P : Poudingue de Parennes ; C : Poudingue de Courmenant ; G : Poudingue de Gourin ; R : Poudingue de Rocreux ; H : Poudingue de Hainneville.

d'émoussé étant plus élevés dans les poudingues attribués au Cambrien, et la gangue des galets y étant aussi moins fine ¹.

Il semble donc légitime de dire qu'au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la tillite vers le S, l'indice d'émoussé augmente et qu'en même temps les poudingues sont de plus en plus jeunes. Ceci s'applique aussi au Poudingue de Gourin dont la granulométrie donne des courbes cumulatives très différentes de celles des autres formations (fig. 2 a). En adoptant les vues de P. Pruvost [1951] pour l'âge du Poudingue de Gourin, on pourrait également considérer ce poudingue comme formé aux dépens des précédents. Dans ce Poudingue de Gourin, on observe que les éléments de roches dures subsistent seuls, tandis que dans la tillite, à côté d'éléments très durs, on notait la présence de schistes et de grès assez tendres. Déjà les éléments de roches d'origine lointaine avaient disparu du Poudingue de Pont-Landry, lui donnant l'apparence d'une composition intermédiaire entre celle des poudingues briovériens de Normandie et celui de Granville. Ces observations donnent bien l'image d'une succession assez régulière dans la composition des poudingues depuis la tillite normande jusqu'au Poudingue de Gourin en passant par ceux de Pont-Landry et de Pareannes : mais ceci n'est qu'une hypothèse de travail (fig. 2 b).

Dans le N du Cotentin, le problème apparaît sous un jour différent. Il s'est produit, sans doute, un phénomène de reprise en masse du poudingue briovérien d'origine glaciaire dans le poudingue de base du Cambrien : c'est le Poudingue d'Hainneville. Longtemps est demeurée pendant une discussion entre l'illustre et regretté M. Lugeon et M^{me} Jérémme d'une part [Lugeon et Jérémme, 1950] et moi-même. Je soutenais alors [Graindor, 1951] et soutiens encore que le Poudingue d'Hainneville représente stratigraphiquement l'épisode transgressif du Cambrien. Au cours d'une excursion commune à Hainneville et Granville, où nous accompagnait A. Sandréa en 1952, nous étions tombés d'accord sur le fait que la formation poudingiforme de Granville et celle d'Hainneville représentaient des poudingues qu'on ne pouvait considérer comme identiques. Mais rien ne fut décidé au sujet

1. Voici quelques indices d'émoussé portant sur une moyenne assez large d'éléments compris entre 5 cm et 10 cm et de dureté voisine (quartz ou phanites) :

Type de poudingue	Indice moyen	Nombre d'échantillons
Tillite.	34	45
P. de Granville.	84	21
P. de Pont-Landry.	116	42
P. de Pareannes.	143	15
P. de Gourin.	305	12

de l'âge exact du Poudingue d'Hainneville. Reprenant à nouveau le problème, je crois pouvoir considérer que l'hypothèse de l'âge cambrien du Poudingue d'Hainneville se trouve confirmée par ce que l'on observe dans le Maine, avec toutefois cette différence qu'à Hainneville c'est la tillite elle-même qui aurait été englobée, à peine remaniée, dans le conglomérat cambrien.

La tillite fournit donc à l'étude du Briovérien un élément de repère extrêmement précieux : premièrement, elle contribue à dater le Briovérien par corrélation avec d'autres régions où s'est produite la glaciation en bordure des vieux boucliers, et deuxièmement elle sert à déterminer la succession des assises du Briovérien.

Puisque, selon E. Wegmann [1954], il y a équivalence entre l'Éocambrien des pays scandinaves et l'Infracambrien (nomenclature de N. Menchikoff), il était normal de retrouver des traces de la glaciation subcambrienne dans une zone hercynio-varisque, et par conséquent la tillite du Briovérien normand, ainsi que le complexe postglaciaire associé à cette tillite, occupent une position stratigraphique élevée dans l'étage infracambrien tel que l'a défini P. Pruvost [1954] ¹.

Pour la succession des niveaux dans le Briovérien en Normandie, je propose, dans l'état actuel des recherches, les quatre divisions suivantes :

1) Le *Briovérien inférieur basique*, comparable à la série des schistes verts d'Erquy : cet *étage d'Erquy* est représenté en Normandie, enveloppant la diorite quartzique de Coutances.

Le Briovérien moyen comprenant :

2) le *Briovérien à phthanites* (ou *étage de Courcy*) ²,

3 les *phyllades intermédiaires*, niveau riche en grès feldspathiques (ou *étage de Villiers Fossard*) ².

4) le *Briovérien supérieur*, ou *complexe de la tillite*, avec les formations postglaciaires associées (*étage de la Laize*).

BIBLIOGRAPHIE

- CAILLEUX A. (1947). — Granulométrie des formations à galets. Session extr. Soc. belges de Géol., Bruxelles, p. 99 et 101.
DANGEARD L. et GRAINDOR M.-J. (1953). — Découverte d'une tillite anté-cambrienne près de Caen. *C. R. Ac. Sc.*, t. 237, p. 1539-1540.

1. La série briovérienne normande offre, remarquons-le, de bien curieuses ressemblances avec l'étage sturtien des séries d'Adélaïde en Australie.

2. Nom d'étage proposé à titre provisoire.

- GRAINDOR M. J. (1950). — Quelques remarques sur le Briovérien de Granville. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 114.
- (1951). — A propos du poudingue d'Hainneville. *Ibid.*, p. 123-124.
- (1952). — Comparaison de sédiments briovériens de la Sarthe avec ceux de Granville. *Ibid.*, p. 180-182.
- LUGEON M. et JÉRÉMIEN E. (1950). — Sur la confirmation de la présence d'un Précambrien d'origine glaciaire en Normandie (Manche). *C. R. Ac. Sc.*, t. 230, p. 1549-1550.
- PRUVOST P. (1951). — L'Infracambrien. *Bull. Soc. belg. Géol., Pal., Hydr.*, t. LX, fasc. 1, p. 43-65.
- WEGMANN E., DANGEARD L. et GRAINDOR M. (1950). — Sur quelques caractères remarquables de la formation précambrienne connue sous le nom de Poudingue de Granville. *C. R. Ac. Sc.*, t. 230, p. 979.
- WEGMANN E. (1951). — Subkambrische Tillite in der herzynischen Fallungszone (Beitrag zur Anwendung des aktualistischen Deutungsprinzips). *Geol. Rundschau*, Bd 39, H. 1, p. 221-234.

OBSERVATIONS. — M. P. PRUVOST félicite vivement M. l'abbé Graindor pour les résultats fort intéressants, en particulier du point de vue stratigraphique, qu'il tire de sa patiente et méthodique étude du Briovérien normand.

L'une des conclusions de M. Graindor est que le Poudingue de Gourin, comme le Poudingue cambrien d'Hainneville dans le Cotentin, seraient les produits du remaniement, le second sur place, le premier plus lointain, des conglomérats infracambriens normands à caractères glaciaires, d'où leurs matériaux seraient dérivés. Cette hypothèse me séduit naturellement d'autant plus qu'elle cadre avec l'attribution du Poudingue de Gourin au Cambrien inférieur, qui s'était imposée à Ch. Barrois et à moi-même en 1931, et que nos collègues normands avaient d'abord contestée.

Mais, à mon avis, rien ne permet, pour le moment, de considérer les poudingues du Maine comme postérieurs aux conglomérats du Cotentin à caractères glaciaires dont ils auraient repris les éléments. Avec les Poudingues de Granville, de Cesson et de Plusquellec, les Poudingues de Parennes, ont ce caractère commun, et bien particulier, de contenir des galets de granites anciens. Or, ces galets sont inconnus dans les poudingues-tillites du Briovérien supérieur, source supposée de leurs matériaux, d'après M. Graindor. De plus, en Bretagne, ces poudingues intraformationnels, se placent, stratigraphiquement plus bas. Dans les Côtes-du-Nord (Cesson, Plusquellec), ils occupent la partie inférieure du Briovérien à phanites, dont ils remanient cependant (à Plusquellec) les éléments¹.

1. DELATTRE Ch. et PRUVOST P. (1952). Le poudingue de Plusquellec (C.-du-N.). *Ann. Soc. géol. Nord*, t. LXXII, p. 113.

ÉTUDE SUR L'OLIGOCÈNE SUPÉRIEUR D'ALSACE

PAR **Suzette Gillet**¹.

Sommaire. — L'analyse mètre par mètre des couches de l'Oligocène sup. du sondage d'Entzheim, près de Strasbourg, nous a permis de classer les espèces qui composent la faune suivant leur plus ou moins grand degré d'euryhalinité.

L'histoire de la mer rupélienne se termine dans le chenal rhénan Mayence-Bâle par un épisode marneux saumâtre pendant lequel a vécu une très riche faune, depuis longtemps classique dans le Bassin de Mayence. C'est la faune à Cyrènes.

Elle a été rencontrée autrefois en Alsace dans des affleurements aux environs de Strasbourg, notamment à Kolbsheim². On pouvait y recueillir, outre des espèces cosmopolites dans tout l'Oligocène, des espèces caractéristiques du Bassin de Mayence et d'autres locales, décrites par Andreae³.

Mais la succession complète de cette faune dans le temps n'a été connue que récemment, grâce à l'étude des sondages entrepris dans le S de l'Alsace par les Mines domaniales de Potasse.

Les régions de Mulhouse et de Sélestat ont fourni des faunes assez riches dans deux sondages, mais leur coupe présente beaucoup de lacunes. Le seul sondage qui ait fourni, jusqu'à présent, des fossiles de la base au sommet et qu'on puisse suivre à peu près de mètre en mètre sur une épaisseur de 140 m (de 285 à 136 m) est celui d'Entzheim, au S de Strasbourg. A part une lacune entre 148,30 et 137,50, au sommet de la coupe, il nous permet de suivre la dessalure de la mer à Cyrènes avec une exactitude aussi complète que nous le permet la paléontologie.

On peut estimer approximativement la salure de la mer au début, c'est-à-dire à une profondeur de dépôts de 275-260 m, à 20-17 ‰ gr, ce qui correspond à la salure de la Mer Noire et à celle du S de la Baltique. Au sommet de la coupe, vers 140 m, elle n'atteindrait plus que 1 ‰. Enfin, à l'extrême sommet, on atteint les dépôts d'eau douce du Chattien où seule vit la faune d'eau douce proprement dite. Il n'y a plus que 0,1 ‰ gr environ de sels.

1. Note présentée à la séance du 1^{er} février 1954.

2. WAGNER W. (1923). *Mitt. geol. Landesanst. Els.-Lothr.*, Bd. XI, H. 2.

3. ANDRAE (1884). *Abh. geol. Spezialkarte Els. Lothr.*, Bd. II.

D'après la classification de Välinkangas pour la Baltique, nous voyons donc se succéder au sommet de l'Oligocène : une mer oligohaline marine, puis polyhaline saumâtre, mésohaline saumâtre, enfin oligohaline saumâtre. Ces derniers dépôts sont recouverts par des argiles verdâtres d'eau douce.

La succession de la faune de cette mer dans les temps géologiques peut donc être comparée avec celle que nous trouvons dans la Baltique du SW au NE (là intervient en plus le facteur température qui amène une réduction de plus en plus grande des individus) et dans les limans de la Mer Noire du S au N.

Nous avons noté les diverses hauteurs où se répètent les espèces, de la base vers le sommet de la coupe pour les formes marines, du sommet vers la base pour les espèces d'eau douce. Ceci nous a amenée à classer la macro- et la microfaune en catégories présentant une plus ou moins grande marge d'adaptation à la dessalure ou à la salure.

A. *Espèces traversant toute la coupe (marge d'adaptation de 139 m)¹* :

a) MARINS TRÈS EURYHALINS : *Rotalia soldani* D'ORB., *Quinqueloculina gregaria* ANDR., *Modiola stampinensis* COSSM. et LAMB., *Septifer denticulatum* LMK., *Mytilus* sp.

b) ÉLÉMENTS SAUMATRES, uniquement représentés par quelques genres nombreux en individus dont la taille et la quantité diminuent de la base au sommet de la coupe (fig. 1 A) : *Polymesada semistriata* DESH., *Pyreneia plicata** BRUG., *Tympanotonus margaritaceus** BROCC., *Cytheridea mulleri** MÜLL., toutes les Hydrobies.

B. *Espèces marines euryhalines montant depuis la base de la coupe jusqu'à environ 150 m (milieu de la coupe) (marge d'adaptation de 125 m)* :

Avicula sp., *Perna* sp., *Modiola* aff. *tenuiradiata* COSSM. et PEYR., *Mytilus acutirostris* SANDB., *Planimodiolaria* cf. *saucatus** COSSM., *Gryphaea cyathula** LMK., *Kellya* sp., *Astarte plicata* MER., *Diplodonta fragilis* BR., *Pitaria** sp., *Cordiopsis incrassata* SOW., *Laevicardium scobinulum** MER., *Tellina faba** SANDB., *Phymosoma* sp., *Brissopsis* sp., *Benoistia boblayi* DESH. var. *abbreviatum* BRAUN.

C. *Espèces marines moins euryhalines ne montant que jusqu'à 175 m environ (marge d'adaptation de 100 m)* :

Nucula peregrina SANDB., *Tellina nysti** DESH., *T. heberti* NYST, *Syndesmya elegans* DESH., *Corbula subarata* SANDB., *Psammobia plana** DESH., *P. meyeri* ANDR., *Glycimeris heberti* BOSQ., *Thracia faba* SANDB., *Mactra* sp., *Cassidaria nodosa* SOL., *Helicina achatensis** DE KON.

D. *Espèces marines peu euryhalines se rencontrant depuis la base jusqu'à 185 m environ (marge d'adaptation de 90 m)* :

1. Les espèces abondantes en individus sont marquées d'une astérique.

Adeorbis decussatus SOW., *Neverita* aff. *josephina* RISSO, *Natica* sp. *Acteonina exerta* DESH., *A. acuta* SANDB., *Cylichna elliptica* SOW., *C. coelata* DESH.

E. Espèces d'eau douce très euryhalines se rencontrant depuis le sommet de la coupe jusqu'au milieu environ, vers 200 m¹ (fig. 1 B) :

Bythinia aff. *globuloides** SANDB., *Nematura lubricella** SANDB., *N. granulum** A. BRAUN, *Circinna circinnata** MER., *Circinna* sp.

Une Siphonée verticillée (Dasycladacée), *Acicularia* sp. est une forme très caractéristique des Marnes à Cyrènes d'Alsace qu'on rencontre du sommet à 225 m.

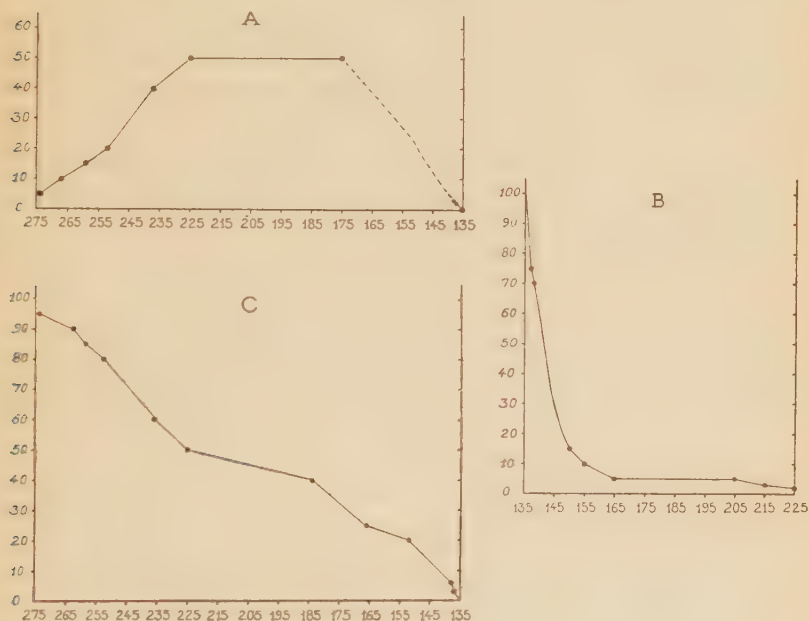


FIG. 1.

A : Allure schématique de la courbe des éléments saumâtres. Abcisses : profondeur des dépôts en mètres ; ordonnées : % d'individus.

B : Allure schématique de la courbe des éléments d'eau douce euryhalins et d'eau douce proprement dits.

C : Allure schématique de la courbe de dessalure de la mer à Cyrènes.

F. Des espèces d'eau douce représentées dans les lacs chattiens, à l'extrême sommet de la coupe de l'Oligocène, apparaissent dès 162 m pour *Coretus cornu* BRONGN. (les rares exemplaires ren-

1. On rencontre à 262 m quelques individus de *Stenothyra*. Un tel apport est normal dans des sédiments littoraux et nous ne pouvons en tenir compte dans notre statistique.

contrés plus bas, dès 253 m, doivent être amenés d'une rivière par les courants), dès 150 m pour *Radix subovata* ZIET.

Un banc à *Chara variabilis* ANDR. sert de repère avant le Chat-tien, à 137,50 m et 136,50 m.

Un certain nombre d'espèces n'ont été rencontrées qu'en quelques niveaux de la coupe, mais méritent d'être citées pour donner une idée de la biocénose ; ce sont presque toutes des espèces du Bassin de Mayence, nouvellement connues en Alsace :

Pectunculus sp. (253 m), *Avicula stampinensis* DESH. (152, 10 m), *Anomia asperella* PHIL. (207,60 m), *Anomia* sp. (198,50 et 184 m), *Lucina* sp. (253 m), *Astarte* sp. (179 et 177 m), *Corbis* sp. (251 m), *Corbicula donacina* SANDB. (207,60 et 186 m), *Turritella geinitzi* SPEYER (251,30 m), *Syrnola subulata* MER., *S. alsatica* ANDR. (184 et 176 m), *Capulus* sp. (186 m), *Strepchochetus elongatus* NYST (176 et 253 m), *Rissoa michaudi* NYST (205 m), des débris de bras d'Ophiure (sp. indét.) pullulent entre 251 et 254 m et se rencontrent dès 263 m, quelques écailles de Poissons.

Il y a en outre une microfaune de Foraminifères et d'Ostracodes dont nous n'avons pas encore suivi la répartition verticale et qui sera étudiée par des spécialistes.

Quelques espèces d'eau douce ont une répartition également réduite :

Galba subpalustris THOM. (154,50 m), *Moitesseria acicula* BRAUN (214; 207,60; 205; 152,10 m), *Heterovalvata disjuncta* DOLLF. (154,50 m), *Valvata cyrenophyla* ANDR. (198,50; 154,50 m), ces trois dernières espèces caractéristiques du niveau, *Ancylus* sp., *Galba orelongo* WENZ (154; 151 m)¹.

Nous ne notons pas dans cette faune d'éléments reliques comme dans la Mer Noire ou dans la Baltique. C'est sur une pénéplaine éocène parsemée de lacs que se sont établies les lagunes du Sannoisien, puis la mer peu profonde, mais subsidente du Rupélien. Certains éléments saumâtres ont déjà apparu dans les lagunes sannoisiennes : *Corbicula semistriata* var. *convexa*, *Pirena plicata*, *Potamides lamarchi* (hors d'Alsace pour ces deux derniers). Les éléments marins ont, pour partie, apparu dès la base du Meeres-sand ou Septarienton, quelques-uns même dès le Lattorfien en Allemagne centrale. Quelques Gastropodes d'eau douce éocènes avaient survécu dans les lagunes sannoisiennes ; ils ont été détruits lors de la transgression de la mer rupélienne. Il est normal de rencontrer en Alsace une faune commune à tout le chenal rhénan ; le nombre des espèces marines brisées, non déterminables, est très

1. Pour la répartition des espèces et leur description voir : GILLET S. (1953). Les Marnes à Cyrènes de l'Oligocène d'Alsace, *Bull. Inst. fr. Pétrole*, fasc. VIII, travail publié grâce à la bienveillante autorisation de M. le Directeur des Mines domaniales de Potasse et de M. V. Maïkovsky, Géologue-Chef aux Mines domaniales.

grand ; il est certain que si nous connaissions l'intégrité de cette faune elle serait aussi riche que celle du Bassin de Mayence. Plusieurs espèces rencontrées à Kolbsheim, près de Strasbourg, et non trouvées dans le sondage d'Entzheim ont été décrites dans l'étude ci-dessus citée. Il y a aussi un certain nombre de types locaux et des espèces cosmopolites, seules communes avec la région parisienne (niveau de Pierrefitte, près d'Étampes, synchronique) et avec le Jura bâlois et bernois. Le faciès marneux exclut la présence d'un certain nombre de Mollusques liés au faciès détritique : *Pectunculus*, *Chlamys*, Limidés, Arcidés, *Spondylus*, *Plicatula*, *Murex*, *Turbo*, etc. On trouve quelques rares débris de *Pecten* à plusieurs niveaux du sondage.

Nous sommes frappés par l'abondance dans la faune de coquilles de petite taille ou de protoconques et de prodissoconques. La raison d'arrêt du développement n'est pas, comme dans la Baltique, la température basse, puisque nous savons que les mers oligocènes contenaient des genres vivant actuellement dans les régions tropicales, comme *Corbicula*, *Tympanotonus*, *Actæon*, *Helicina*, *Avicula* (*Meleagrina*) etc.

Les constantes variations de la mer, visibles sur le graphique de la fig. 1 C produisaient une destruction massive des animaux ; quelques-uns subsistaient et s'adaptaient aux nouvelles conditions de vie, mais ils n'avaient pas toujours le temps de se développer avant le retour des eaux adoucies ; d'autres fois, ces conditions d'existence sans cesse changeantes produisaient le nanisme chez les adultes.

LES TERRASSES QUATERNAIRES DE LA VALLÉE DE L'HUVEAUNE (BOUCHES-DU-RHÔNE)

PAR **Eugène Bonifay** ¹.

Sommaire. — La vallée de l'Huveaune, près de Marseille, nous montre trois niveaux principaux de terrasses dont le dernier, très bien représenté, correspond au Würmien. La sensibilité du régime torrentiel aux moindres variations du climat nous donne une image « amplifiée » de ces dernières et nous permet de retracer les grandes lignes de la paléoclimatologie de la basse Provence à la fin du Quaternaire.

L'Huveaune, rivière méditerranéenne à caractères torrentiels, prend sa source sur le flanc nord de la chaîne de la Sainte-Baume, à la grotte de la Castelette (altitude : 650 m). Son cours, qui n'a que 45 km au total, traverse d'abord la dépression d'Auriol-Saint-Zacharie, puis une série de « cluses » resserrées, entre Auriol et Pont-de-l'Étoile, qui lui livrent passage vers le bassin de Marseille. Elle rejoint la mer, au S de Marseille, à la plage du Prado.

La dépression tectonique du bassin de Marseille est en continuité, vers l'E, avec celle dite de la « vallée de l'Huveaune » ; elles sont emplies toutes deux de plus d'un millier de mètres de sédiments tertiaires, d'âge oligocène, qui servent la plupart du temps de substratum aux formations quaternaires.

Outre les séries quaternaires, fluviales ou torrentielles, dont il sera question ici, le bassin de Marseille contient également des masses très importantes de tufs qui ont déjà fait l'objet de nombreux travaux, et qui sont attribués pour la plus grande partie au Pliocène supérieur (Villafranchien), le reste datant vraisemblablement de l'extrême début du Quaternaire. Afin de ne pas alourdir cette note nous n'en parlerons pas ici, et ne les citons que pour mémoire.

I. Les hauts niveaux : terrasses des Camoins.

Les terrasses fluviales les plus anciennes de la vallée de l'Huveaune sont localisées dans la région des Camoins, à une dizaine de kilomètres à l'E-NE de Marseille.

1. Note présentée à la séance du 15 février 1954.

Immédiatement à l'W de Camoins-les-Bains, deux lambeaux alluviaux se trouvent aux altitudes absolues de 130-135 m et 170 m. Le premier de ces témoins est assez beau ; il forme un petit plateau d'une superficie d'une douzaine d'hectares, recouvert d'une dizaine de mètres de graviers fluviaux bien roulés, très altérés à la partie supérieure sur 2 à 3 m d'épaisseur. Le deuxième témoin est beaucoup plus réduit et couvre une colline, à quelques centaines de mètres du premier, d'une superficie de 2 à 3 hectares seulement.

Dans la même région, et s'étendant plus en amont sur la bordure sud du massif d'Allauch, existent des masses importantes de cailloutis torrentiels cimentés en brèches très dures, qui couronnent une série de buttes sur près de 2 km à partir des Camoins. Ces brèches doivent représenter un faciès de bordure des niveaux fluviaux. Celles se rattachant au niveau supérieur sont les mieux représentées : les trois témoins principaux se trouvent, d'E en W (c'est-à-dire vers l'amont), aux altitudes absolues de 180 m, 180 m, et 200 m. Leur puissance atteint 10 à 15 m. Un autre témoin, situé au S de La Treille à l'altitude de 145 m, doit se rattacher à la terrasse la plus basse (fig. 3 A) ¹.

L'absence de faune et l'isolement de ces témoins ne permettent pas de leur attribuer un âge précis. Cependant ils sont de toute évidence postérieurs aux tufs de Saint-Marcel, La Valentine et Saint-Julien qui datent du Villafranchien. Nos hauts niveaux sont donc du début du Quaternaire. Remarquons cependant qu'il n'est pas possible actuellement de rattacher ces hauts niveaux aux lignes de rivages du Quaternaire ancien : nous savons que dans la région de basse Provence occidentale aucun témoin du Sicilien n'est connu, et qu'il est généralement admis que les rivages attribués à cette période passent au S de la côte actuelle dans cette zone [Denizot, 1950]. Il est vraisemblable que la zone côtière a subi, au début du Quaternaire, des modifications importantes ayant même pu aboutir à des effondrements localisés de la marge continentale [Luteaud, 1924]. De tels faits, s'ils se confirmaient dans le golfe de Marseille, pourraient nous aider à comprendre la signification des terrasses des Camoins.

II. La moyenne terrasse.

Les témoins de la moyenne terrasse sont localisés autour de la ville d'Aubagne, à une vingtaine de kilomètres à l'E de Marseille (fig. 2 A). Nous avons là deux beaux témoins qui correspondent à un remblaiement important de la vallée.

Une coupe dans ces alluvions est visible le long de la route d'Aubagne à Gêmenos, sous le cimetière d'Aubagne : on y voit plusieurs dizaines de mètres

1. L'altitude relative de ces témoins par rapport au cours actuel de l'Huveaune est de 60-65 m et 100 m pour les deux niveaux des hautes-terrasses.

d'alluvions fluviales à éléments en général bien roulés, dont la stratification est nette ; leur base descend au-dessous du niveau actuel de l'Huveaune,

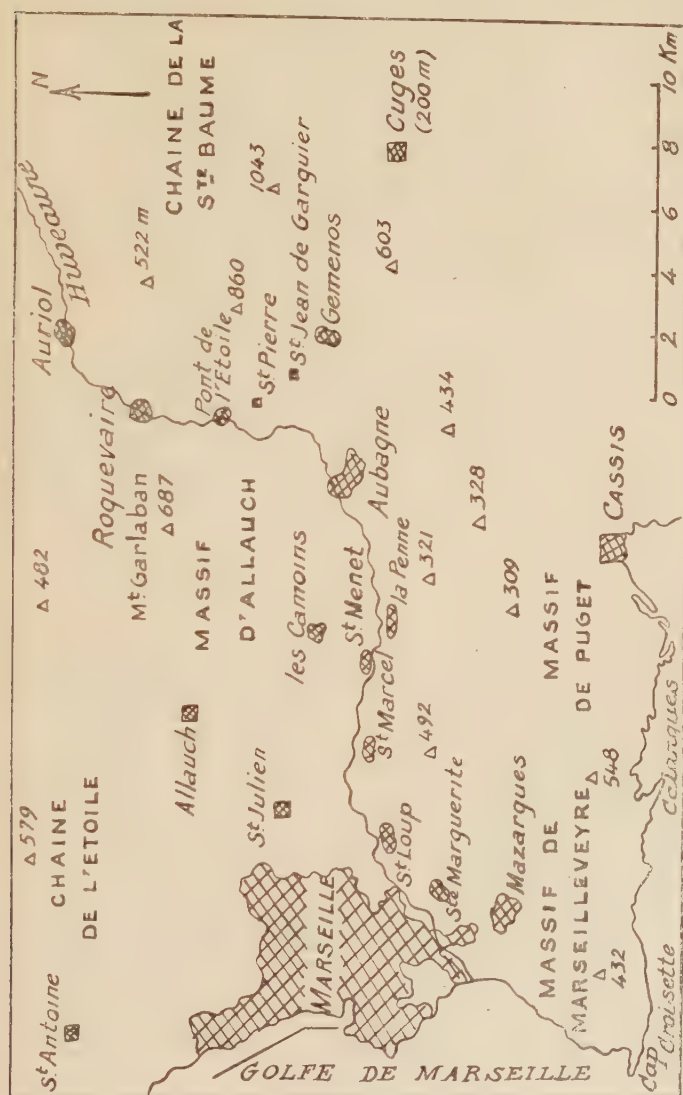


Fig. 1. — Carte schématique de la vallée de l'Huveaune.

et leur sommet est à l'altitude absolue de 135 m (cote de l'Huveaune à Aubagne : 100 m) (fig. 3 B et 4 B).

Outre ce témoin, il existe un deuxième lambeau au S d'Aubagne, dont la surface se tient vers 135-140 m. Le sommet de ces alluvions est très altéré sur une épaisseur de 1,5 à 2 m.

Ces graviers fluviaux comportent des éléments empruntés aux conglomérats oligocènes sur lesquels ils reposent : quartz, quartzites, grès rouges psammitiques, roches vertes; mais, même lorsqu'ils sont cimentés, on les distingue facilement des conglomérats tertiaires grâce à leur couleur rougeâtre et à la nature du ciment (grès calcaire, alors que les conglomérats oligocènes sont cimentés en général par un grès siliceux). Notons enfin que la répartition des graviers de la moyenne terrasse dans la région d'Aubagne nous permet de dire que l'Huveaune, qui coule actuellement au N de la colline des Passons, contournait alors ce pointement tertiaire par le S. Ce n'est qu'à une époque récente que nous verrons la rivière suivre un tracé analogue à l'actuel (fig. 2 A et 3 B).

Le remblaiement de la moyenne terrasse suit donc un creusement important de la vallée. Nous savons que dans la basse vallée du Rhône une terrasse de hauteur équivalente a livré à sa base des restes d'*Elephas antiquus*. Nous pouvons admettre que le creusement qui a précédé la formation de la moyenne terrasse correspond à la régression pré-tyrrhénienne qui, sur les côtes provençales, a dû porter le rivage au voisinage du zéro actuel. *La terrasse d'Aubagne serait donc tyrrhénienne.*

III. Les bas niveaux.

1. LA « BASSE TERRASSE » DE L'HUVEAUNE. — Contrairement à ce qui se passe pour les hautes et moyennes terrasses, les témoins de la basse terrasse sont nombreux : celle-ci est pratiquement présente tout au long de la vallée.

Elle est très développée dans la haute vallée, en amont des trois cluses de Pont-de-l'Étoile — Roquevaire — Auriol. Un lambeau est visible dans la dépression de Pont-de-Joux (entre Auriol et Roquevaire), sous des tufs récents.

En aval de Pont-de-l'Étoile ses témoins se voient au débouché de chaque torrent affluent de l'Huveaune, sur la rive droite, et à Saint-Pierre et Saint-Jean-de-Garguier sur la rive gauche. A Aubagne même, on en voit des lambeaux importants à l'Évêché et à la Demande (rive droite), ainsi qu'au débouché du Merlançon (rive gauche)¹. Enfin, en aval d'Aubagne, on la voit surtout sur la rive gauche au Charrel, Saint-Mitre, les Rampins, la Penne-sur-

1. Remarquons qu'après la formation de la moyenne terrasse d'Aubagne, l'Huveaune a creusé à nouveau sa vallée au S de la colline des Passons. Ce n'est qu'à la fin du remblaiement de la basse terrasse qu'elle a contourné cette colline par le N : nous voyons là l'action du cône torrentiel du Merlançon qui a élevé une véritable barrière au travers de la vallée en ce point où elle est resserrée.



FIG. 2.

A : région d'Aubagne.

B : les cônes torrentiels anciens de la rive gauche en aval de Saint-Loup.

- 1 : terrains secondaires ; 2 : Oligocène ; 3 : moyenne terrasse ; 4 : basse terrasse (fluviale) ; 5 : cônes torrentiels anciens ; 6 : brèches anciennes ; 7 : cônes torrentiels récents ; 8 : limons et graviers récents ; 9 : terres grises de la plaine de Gemenos ; 10 : gisements de limons lœssiques ; 11 : creux pré-tyrrhénien ; 12 : creux pré-flandrien.

Huveaune, la Barrasse, La Valbarelle, et entre Saint-Loup et la mer où elle est continue. Il n'y en a que trois témoins sur la rive droite à La Pomme, Le Rouet et Saint-Giniez (décrits par G. Denizot [1933] sous le nom de « poudingues du Rouet et de Saint-Giniez »).

Morphologie de la basse terrasse. Tous ces témoins de la basse terrasse ont des caractères constants :

— la hauteur de la surface du remblaiement *fluvial* au-dessus du cours actuel est très variable : quelquefois elle est à quelques mètres, tandis qu'en certains points la différence dépasse 20 m ;

— la partie purement fluviale est réduite à une zone plus ou moins large vers le centre de la vallée, et passe vers l'extérieur à des cônes torrentiels très importants qui montent le plus souvent à 30-35 m (région entre Aubagne et Pont-de l'Étoile, débouché du Merlançon, La Moutte, les Trois-Ponts), 50 m (ruisseaux de Saint-Paul, du Redon), et même 60 à 65 m (La Panousse, les Baumettes) au-dessus des graviers fluviaux. La partie haute de ces cônes torrentiels anciens est actuellement à une distance de 1 à 2 km de l'axe de la vallée. Entre Saint-Loup et la mer, ils prennent une importance considérable et s'étalent largement : on peut compter cinq cônes torrentiels anciens dans cette région, sur la rive gauche, qui occupent toute la bordure sud du bassin de Marseille et atteignent jusqu'à 3 km de longueur ; les plus importants sont d'ailleurs ceux proches du rivage actuel de la mer (fig. 2 B) ;

— tous les éléments de cette « basse terrasse »¹, même ceux qui manifestement ont été repris par l'Huveaune elle-même, sont des graviers à caractères « périglaciaires » très accusés ; l'élément fin est un sable orangé lessivé qui donne à ces formations une couleur caractéristique (pouvant faire croire à une altération postérieure au remblaiement : il n'en est rien car elles gardent ces caractères jusqu'à leur base) ; enfin les traces d'altération dues au gel y sont nombreuses (cailloux éclatés, galets craquelés), et se manifestent même par la présence de vraies cryoturbations (à la Penne-sur-Huveaune) ;

— enfin, il s'y rattache quelquefois des masses de brèches plus ou moins cimentées ; les plus importantes sont celles qui s'étalent au pied des monts de Marseilleveyre, jusqu'au rivage du golfe de Marseille entre la Madrague et la Vieille-Chapelle (brèches de la Pointe-Rouge) [Bonifay, 1952 ; Blanc et Bonifay, 1953].

Notons également que la base de ce remblaiement part d'assez bas : presque partout la base de la basse terrasse passe sous les alluvions récentes du fond de vallée, et des sondages effectués en 1952 (région de Saint-Menet) dans le fond de la vallée ont rencontré, à 8 m sous les graviers récents, un lambeau de conglomérat ayant tous les caractères des alluvions de la basse terrasse (fig. 4 C).

Profil longitudinal. Les profils transversaux de la basse terrasse sont toujours identiques : on a un profil très « concave »,

1. Nous donnons à ce terme un sens très large : pour nous il ne désigne pas seulement le niveau purement fluvial, mais aussi les cônes torrentiels qui s'y rattachent.

symétrique ou dissymétrique suivant que les cônes torrentiels existent sur les deux rives (région d'Aubagne) ou sur une seule

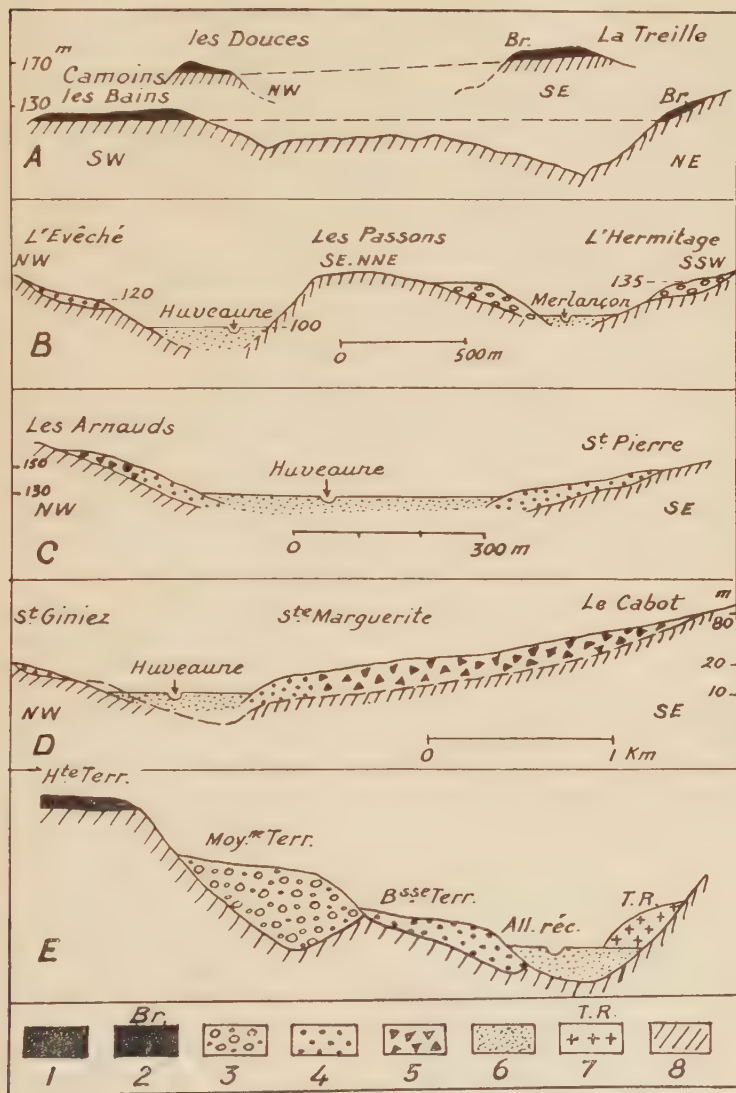


FIG. 3. — A : coupes synthétiques des hauts-niveaux. — B, C, D : coupes transversales de la vallée de l'Huveaune. — E : schéma théorique des terrasses de l'Huveaune.

1 : hautes-terrasses ; 2 : brèches des hautes terrasses ; 3 : moyenne terrasse ; 4 : basse terrasse (fluviale) ; 5 : cônes torrentiels anciens ; 6 : alluvions récentes ; 7 : tufs récents ; 8 : substratum.

d'entre elles (entre Saint-Loup et la mer : le cours de l'Huveaune était alors rejeté complètement sur la bordure de la vallée, (fig. 3 D).

Nous avons pu également tracer le profil *longitudinal* de la basse terrasse en prenant l'altitude absolue du bord interne des témoins fluviaux (et en éliminant ceux dont la morphologie de terrasse n'était pas conservée). Nous avons porté ces altitudes sur un graphique, en prenant comme abscisse les longueurs sur un axe théorique tracé tout au long de la vallée (fig. 4 A). Le graphique obtenu n'a pas la prétention de représenter exactement le profil de l'Huveaune à la fin du remblaiement de la basse terrasse, mais il nous renseigne sur l'origine de cette formation.

Le profil longitudinal de la basse terrasse entre Roquevaire et la mer est très irrégulier, formé d'une succession de « paliers » séparés par des ruptures de pente.

En amont de Pont-de-l'Étoile, la pente est forte, puis entre Pont-de-l'Étoile et Aubagne elle diminue (5,9 ‰). Elle augmente à nouveau entre Aubagne et la Perrussonne (6,8 ‰), tandis qu'un nouveau palier se dessine ensuite jusqu'à La Penne (4,5 ‰), puis entre La Penne et Saint-Loup (8,4 ‰). Enfin, en aval de Saint-Loup, la pente devient beaucoup moins forte (5 ‰); mais à partir de Bonneveine, dès qu'on sort de la zone directement placée sous l'influence des torrents affluents de la rive gauche, la pente devient à nouveau plus forte et amorce le dessin d'un véritable « cône de déjections » de l'Huveaune elle-même près de son débouché sur la mer.

Notons qu'à la Vieille-Chapelle, sur le rivage de la plage du Prado, la base de la basse terrasse passe sous le zéro actuel. Il en est de même pour les brèches de la Pointe-Rouge.

Origine et âge de l'ensemble de la « basse terrasse ». Tous les caractères que nous venons de voir montrent que la formation de la basse terrasse est contemporaine d'une activité extrême des torrents de la région de Marseille, et résulte directement de cette activité torrentielle : la vallée a été encombrée par des masses énormes de cailloutis résultant des apports latéraux. On a, dans la vallée de l'Huveaune à l'époque de la basse terrasse, une série de bassins qui s'emplissent de déjections torrentielles, séparés par des zones de « rapides » créées par des resserrements de la vallée, où les transports longitudinaux permettent aux matériaux de passer de l'un dans l'autre de ces bassins. Ces faits, ainsi que les caractères des sédiments qui composent ce niveau, permet d'attribuer à la basse terrasse une origine purement « climatique », liée d'une part à l'accroissement du débit des torrents, et d'autre part à une intensité plus grande des actions clastiques sous l'effet du froid.

En ce qui concerne l'âge de la basse terrasse, nous avons des indices plus précis que pour les haut et moyen niveaux.

Nous savons qu'après le remblaiement de la terrasse d'Aubagne avait suivi une période de creusement qui était déjà bien avancée lorsque les apports latéraux commencèrent ; la présence de témoins de la basse terrasse sous les graviers récents du fond de vallée, et le remplissage par les éléments torrentiels des « dépressions bordières » de la rive gauche entre Aubagne et Saint-Marcel ¹ sont là pour nous prouver l'état d'évolution du fond de vallée dès cette époque. Nous savons aussi que la basse terrasse elle-même, et les brèches qui s'y rattachent, plongent sous le niveau actuel de la mer sans qu'on puisse y voir des passées marines intercalées ². Or, la période régressive qui a provoqué le creusement de la vallée *avant* la formation de la basse terrasse, et celle qui est encore responsable de l'érosion subie par cette unité *après* la crise climatique ne font qu'un : ce sont là deux manifestations de la régression pré-flandrienne. L'étude des brèches de la Pointe-Rouge, de celles du Plan des Cailles près du cap Croisette, des dunes fossiles et des éboulis littoraux de basse Provence occidentale, et du creusement des calanques, viennent nous confirmer ce fait.

La basse terrasse de la vallée de l'Huveaune s'est donc formée en pleine période de la régression pré-flandrienne, et correspond à l'extension à la basse Provence du climat froid consécutif à la glaciation wurmienne.

On pourrait être surpris de la rapidité d'une telle évolution ; n'oublions pas que nous sommes en pays méditerranéen, et que les cours d'eau qui nous intéressent ont un régime essentiellement torrentiel. Leurs réactions aux variations du climat, comme à celles du niveau marin, sont brutales : dès que l'action climatique a été plus forte que celle de la régression, le remblaiement a commencé ; mais dès que, l'action climatique faiblissant, les nécessités de raccorder le profil de la vallée avec un niveau de base très abaissé ont prévalu, il en est résulté un nouveau creusement tout aussi rapide ³.

2. LE DEUXIÈME BAS NIVEAU ET LES ALLUVIONS POST-PLÉISTOCÈNES. — *Le deuxième bas niveau (cônes torrentiels « récents »).* Après le maximum de la « crise » climatique qui correspond à la basse terrasse, les torrents ont une activité réduite, mais les apports détritiques doivent presque complètement cesser : ceci est sans doute lié à un certain assèchement du climat et à un

1. Nous appelons « dépressions bordières » de la rive gauche une série de petites dépressions qui communiquent avec la vallée, déblayées en bordure sud de celle-ci avant le dépôt de la basse terrasse.

2. De Roys avait cru voir une « plage soulevée » à la Vieille-Chapelle, en 1849. Nous avons déjà dit [Blanc et Bonifay, 1953] qu'il ne s'agit là que d'une intercallation dunaire.

3. D'ailleurs le creusement postérieur à la basse terrasse est peu marqué dans la haute vallée de l'Huveaune.

réchauffement passager. C'est durant cette phase que s'effectue l'apport loessique dont on retrouve des traces aux environs d'Aubagne et, à quelques kilomètres vers l'E, dans le bassin de Cuges [Bonifay, 1952]. Les cônes torrentiels anciens de la basse vallée de l'Huveaune subissent un début d'érosion, tandis que ceux de la région d'Aubagne sont presque entièrement déblayés.

Puis les apports torrentiels reprennent bientôt, et de nouveaux cônes détritiques s'édifient qui se superposent aux précédents ou les remplacent; mais tandis que les cônes anciens étaient de même

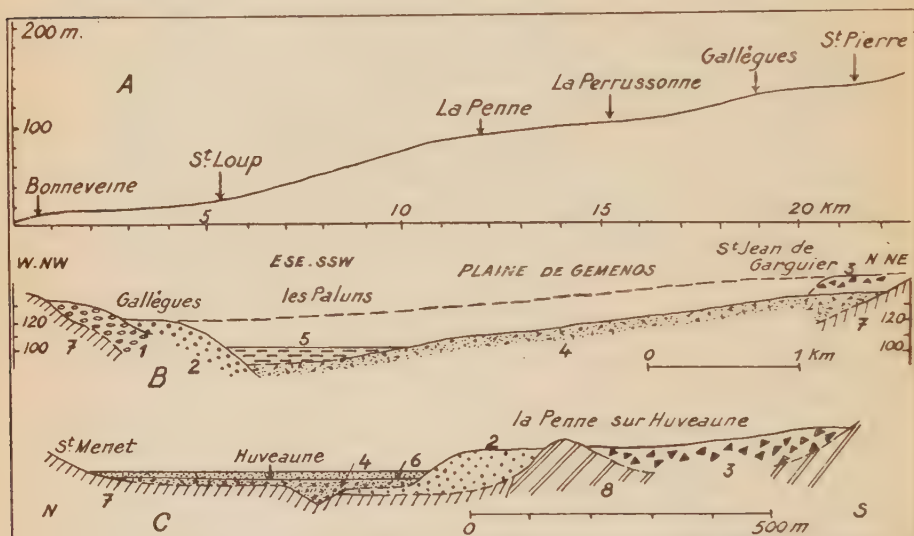


FIG. 4. — A : profil longitudinal de la basse terrasse.

B et C : 1 : moyenne terrasse ; 2 : basse terrasse (fluviale) ; 3 : cônes torrentiels anciens ; 4 : cônes tor. récents et graviers du fond de vallée ; 5 : limons gris de la plaine de Gèmenos ; 6 : limons récents ; 7 : terrains tertiaires ; 8 : terrains secondaires.

importance dans toute la vallée, y compris la région côtière, ceux de cette nouvelle phase sont d'importance très inégale. Dans la haute vallée et dans la région d'Aubagne-Gèmenos ils sont presque aussi développés qu'à l'époque de la basse terrasse, tandis que vers le golfe de Marseille ils sont de plus en plus réduits : seuls les torrents issus des reliefs élevés du massif d'Allauch (700 m) et surtout de la chaîne de la Sainte-Baume (de 1 000 à 1 100 m) connaissent à nouveau une grande activité. C'est là ce que nous avons déjà appelé la « deuxième phase humide » de la période froide ; cette phase ne correspond sans doute pas à des précipita-

tions brutales et intenses, mais à une humidité relative qui demeure en dépendance étroite avec le relief [Bonifay, 1952]. A partir de Pont-de-l'Étoile les apports longitudinaux prédominent dans la zone proche du cours de l'Huveaune, et en aval d'Aubagne ils contribuent à assurer un remblaiement devenu nécessaire à la suite de la transgression flandrienne qui, entre temps, a commencé. On a donc, au Paléolithique supérieur, une *différenciation longitudinale* de la vallée de l'Huveaune, avec deux remblaiements qui progressent en sens inverse : l'un, qui part de l'amont, est dû aux apports torrentiels, et l'autre, à peu près contemporain du premier, résulte de la transgression flandrienne.

Ce deuxième bas niveau ne constitue pas une vraie « terrasse ». On a seulement, en amont d'Aubagne, des cônes torrentiels qui manifestement ne correspondent pas aux conditions actuelles : les torrents qui les ont édifiés ont creusé des sillons d'érosion plus ou moins profonds à leur surface : ces cônes détritiques sont « morts » en quelque sorte. C'est ainsi que le Fauge (Gèmenos) coule à 4 m en contrebas de son propre cône déritique ; l'Huveaune elle-même, par ses apports longitudinaux, avait édifié des formations identiques au sortir des parties resserrées de sa vallée, et son cours y est actuellement profondément encaissé : ceci est particulièrement visible immédiatement en aval de Roquevaire et en aval de Pont-de-l'Étoile où la différence entre le talus déritique et le cours actuel est de 6 à 7 m. Mais ces mêmes formations passent dans le fond de vallée et se rattachent aux graviers de fond qui sont eux-mêmes surmontés, en aval d'Aubagne surtout, par des limons et des graviers récents (fig. 4 C).

Les alluvions post-pléistocènes. Peu avant Aubagne apparaissent, sur les graviers du fond de vallée, des limons récents.

Épais d'1 m à 1,5 m à Aubagne, leur puissance augmente vers l'aval : ils atteignent 6 à 7 m à La Penne, 7 m à Saint-Menet, 8 à 9 m au boulevard Michelet (Marseille), d'après des sondages effectués en ces points. A Saint-Menet comme à la Penne, le fond de la vallée a été trouvé vers 10 à 12 m de profondeur, avec présence d'un « sillon » peu marqué. A l'extrémité sud de la plage du Prado, près de la butte de Bonneveine, des sondages récents ont traversé 7 m de sables de plage (cote de départ du sondage : + 1,5 m) ; sous ce sable se trouvait 1,6 m de galets et de sables marins (cordon littoral), avec une mince intercalation de vases noires marécageuses ; enfin, sous le cordon littoral il y a des limons et cailloutis torrentiels qui reposent eux-mêmes sur le substratum oligocène. Il y a donc dans cette région un colmatage assez récent d'un petit golfe, sur l'emplacement de l'hippodrome du parc Borely.

Des limons récents couvrent aussi une partie de la plaine de Gèmenos, sur sa bordure sud (fig. 2 B) : il s'agit de limons gris sablo-argileux, qui atteignent une puissance de plusieurs mètres

et couvrent une zone de 3 km sur 500 à 1500 m de largeur. Ces limons sont superposés aux derniers cônes torrentiels et aux graviers de l'Huveaune. Immédiatement en amont d'Aubagne, les apports longitudinaux de l'Huveaune ont élevé sur la rive gauche une sorte de barrière alluviale qui borde le cours de la rivière (profil « convexe » de la surface des graviers) et isole la dépression que constitue la plaine de Gêmenos. Un lac s'est installé dans cette partie basse et a déposé ces « terres noires » riches en coquilles de petits Gastéropodes d'eaux douces (fig. 4 B). L'évolution de ces marécages est identique à celle des marais de Cuges [Bonifay, 1953]. Ils ont été asséchés par l'homme au début du ^{xv}^e siècle.

Enfin, des tufs récents, très bien datés par les industries préhistoriques qu'ils contiennent (âge du bronze), emplissent en grande partie la cuvette de Pont-de-Joux, entre Auriol et Roquevaire.

IV. Conclusions.

Cette étude des terrasses quaternaires de la vallée de l'Huveaune nous a montré l'existence de plusieurs unités représentées par les terrasses des Camoins, que nous avons attribuées au Quaternaire ancien, la terrasse d'Aubagne qui est contemporaine du plus haut niveau tyrrhénien de la Méditerranée, et enfin un troisième ensemble très beau qui comprend la basse terrasse (= cônes torrentiels anciens) et les cônes torrentiels récents (= 2^e bas niveau).

L'évolution de la vallée depuis le début du Quaternaire peut donc se résumer ainsi :

- dépôt des tufs du bassin de Marseille et de la vallée de l'Huveaune,
- dépôt des terrasses des Camoins (hautes terrasses),
- creusement pré-tyrrhénien,
- dépôt de la terrasse d'Aubagne (moyenne-terrasse),
- creusement, puis dépôt de la basse terrasse et des cônes torrentiels anciens qui correspondent, chronologiquement, à la régression pré-flandrienne ; nouveau creusement,
- formation des cônes torrentiels de la région de Gêmenos (cônes torrentiels récents) et colmatage du fond de vallée par les graviers et les limons «flandriens»,
- dépôts des limons récents et des limons gris de la plaine de Gêmenos.

Ces résultats qui, en eux mêmes, ne présentent qu'un intérêt local, nous ont tout de même permis de retracer, dans ses grandes lignes, l'évolution paléo-climatique de la zone côtière de la Provence occidentale au cours de la dernière période froide [Bonifay, 1952]. Cette évolution climatologique est encore mal connue, et demandera sans cesse à être précisée.

BIBLIOGRAPHIE

- BLANC J. J. et BONIFAY E. (1953). — Les terrains quaternaires littoraux des côtes de Provence occidentale. *B. S. G. F.*, (6), III, 1953, p. 847-863.
- BONIFAY E. (1952 a). — Influence du vent et du froid en basse-Provence au Quaternaire supérieur. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 306-307.
- (1952 b). — Les limons lœssiques de la région de Marseille. *B. S. G. F.*, (6), II, p. 461-466, 1 fig.
- (1952 c). — Les formations quaternaires et les industries préhistoriques de la plaine de Cuges (B.-du-Rh.). *Bull. Mus. Hist. nat. Marseille*, t. III, p. 125-135, 2 fig.
- COTTE V. (1920). — La Provence pléistocène. Aix-en-Provence. Librairie d'hist. de la Provence.
- DENIZOT G. (1933). — Note sur l'ancien débouché de l'Huveaune et sur la formation du Vieux-Port. *Soc. Statist. Hist. et Archéol. Marseille et Provence, Provincia*, t. XIII, p. 163-185.
- (1934). — Description des massifs de Marseilleveyre et de Puget. *Ann. Mus. Hist. nat. Marseille*, t. XXVI, p. 69-234, 43 fig., 5 pl., 2 cartes.
- (1936). — Note complémentaire sur l'ancien débouché de l'Huveaune, *Provincia*.
- (1951). — Les anciens rivages de la Méditerranée française. *Bull. Inst. océanogr. Monaco*, n° 992, p. 1-56.
- DEPÉRET Ch. (1889). — Notes stratigraphiques sur le bassin tertiaire de Marseille. *Bull. Serv. Carte géol. France*, t. I, n° 5.
- LUTEAUD L. (1924). — Étude tectonique et morphologique de la Provence cristalline. Thèse, Paris.
- MARION A. F. (1866). — Brèches du Frioul. *B. S. G. F.*, (3), V, p. 854.
- MOLINIER et PRAT (1943). — Remarques sur l'évolution du climat en Provence. *Bull. Mus. Hist. nat. Marseille*, t. III, n° 4.
- ROYS DE (1849). — Sur un petit monticule près de Marseille. *B. S. G. F.*, (3), VII, p. 61.
-

LA PHOTOGRAPHIE AÉRIENNE AU SERVICE DE LA GÉOLOGIE

PAR **Jean Gandillot** ¹.

PLANCHES I ET II.

Le 23 avril 1951, M. Th. Monod présentait à la Société une photographie aérienne du dôme de Ouadane ². Le 21 mai de la même année j'avais le plaisir de commenter une quarantaine de clichés pris d'avion ³. Je voudrais aujourd'hui souligner d'abord ce que la photographie aérienne peut donner comme renseignements dans deux de nos disciplines — en hydrographie et en tectonique par exemple, puis revenir sur la région de Ouadane que je viens d'étudier en détails sur clichés.

Les premiers documents présentés ont pour seul but de montrer les contrastes du tapis végétal qui renseigne sur la nature du sol et ne cache pas la morphologie.

Les prairies dans les vallées où les zones imperméables se présentent avec un gris soutenu souvent cerné de noir par les haies limitant les parcelles. Les champs forment un damier de grisés différents, en moyenne plus clairs que les prés mais très variés suivant les types de cultures. Les forêts ont un grisé plus ou moins sombre suivant la hauteur des arbres (en raison de l'ombre portée) et les essences (les résineux sont les plus foncés).

Ainsi dans l'anticlinal du Boulonnais, le contraste entre le Crétacé supérieur perméable caractérisé par le damier des champs et l'Infracrétacé imperméable recouvert par la prairie est très visible. Même contraste dans le Pays de Bray, autre anticlinal érodé, où le même phénomène se voit avec, en plus, la corniche soulignée par la bande boisée (Pl. I, fig. 1).

La photographie de Nouvelle Guinée hollandaise (Pl. I, fig. 2) bien que représentant partout la forêt vierge, prouve combien les différentes morphologies se distinguent cependant les unes des autres et combien les limites des terrains sont faciles à suivre en fonction des changements de formes.

En Hydrologie, on peut non seulement étudier l'état actuel d'un

1. Note présentée à la séance du 15 février 1954.

2. MONOD Th. (1951). *C. R. somm. S. G. F.*, p. 120 et GANDILLOT J. (1951). Remarque à la communication de Th. Monod. *Ibid.*, p. 123.

3. GANDILLOT J. (1951). *Ibid.*, p. 148.

réseau mais retrouver souvent son histoire écrite sur le sol. La photographie (Pl. II, fig. 2) prouve par ses courbes avec alternances de bandes claires et foncées, les stades successifs de déplacement d'un méandre encore visibles malgré les cultures.

L'on constate toutefois que, suivant les différentes parcelles, le phénomène est plus ou moins visible. Les méandres recoupés « délaissés », zones encore humides, sont occupés par la prairie. Leur tracé gris foncé tranche sur le damier des champs ; quand l'ancien méandre est occupé par des cultures, celles-ci sont plus foncées sur son parcours. J'ai déjà indiqué, en effet que la terre humide vient en plus foncé que la même terre sèche.

J'ai fait à ce sujet des recherches pour savoir quelles étaient les émulsions et les écrans colorés qui faisaient ressortir le mieux cette humidité du sol.

Jusqu'ici c'est la combinaison : film infra-rouge avec écran de Wratten qui donne les meilleurs résultats. La circulation souterraine apparaît alors comme un cheveu gris plus foncé donnant des marbrures caractéristiques sur le damier des champs.

Si les conditions d'exploitation le permettent, il serait intéressant que dorénavant les couvertures photographiques pour l'établissement des cartes se fassent avec cette combinaison qui nous renseignerait en même temps sur la répartition de l'eau dans le sous-sol.

La tectonique agit parfois pour le tracé d'une rivière, comme on le voit pour deux affluents du Grand Cañon du Colorado qui, installés dans une faille, se jettent au même point dans le Grand Cañon : l'un avec un angle aigu (par rapport au courant du fleuve), l'autre avec un angle obtus, ce qui est évidemment plus rare.

Cet exemple forme liaison entre l'Hydrographie et la Tectonique. Au Gros Cerveau (Pl. I, fig. 3), au NW de Toulon, les différents étages présentent des teintes et des morphologies très variées : on peut distinguer facilement les diverses unités qui les composent.

De bas en haut de la photo, on trouve successivement :

- le Trias gris clair avec ponctué noir des oliviers,
- la barre à Hippurites, au grisé plus soutenu, mais d'aspect « chagriné »,
- les Grès de Sainte-Anne, clairs, aux formes arrondies, séparés par de grandes cassures venant en noir et donnant par endroits un débitage hexagonal,
- la dépression du Val d'Arren en gris foncé,
- la corniche urgonienne soulignée par le noir de son ombre portée.

Mais un examen plus minutieux nous montre que la barre à Hippurites se termine en pointe et s'interrompt sur plus de 1,5 km, tandis que la carte géologique l'indique en continuité tout au long des Grès de Sainte-Anne. De plus, le décrochement que souligne l'abrupt de l'Urgovien est le fait d'une faille qui est très visible par son tracé noir, presque méridien, exactement là où se produit l'inflexion de la corniche.

La chaîne de l'Estaque nous donne un très bel exemple, parmi tant d'autres, du contraste des fenêtres aptiennes de Galapeaux et de la Folie, cultivées, ouvertes dans la masse de l'Urgonien inculte.

Le 18 mai 1940, une faille de cisaillement a déplacé horizontalement les terrains dans l'Impériale Vallée (Pl. II, fig. 1). On suit très facilement son tracé, de droite à gauche, par le décalage des sillons, celui des berges et des arbres qui bordent la rivière, mais surtout par le décalage dans l'ordre des quinconces d'orangers. Ces trois faits sont visibles suivant une droite horizontale passant par le milieu de la photo.

L'étude du dôme de Ouadane (Pl. II, fig. 3) est aussi riche en renseignements.

Le document est la reproduction d'un assemblage de 105 photos. et représente un carré de 40 km de côté. Pour des raisons d'ombre-portée, le N est à gauche. Si nous analysons cet ensemble, nous constatons qu'il se compose de plusieurs unités aux caractères très opposés :

I. D'abord, au centre, une série de circonférences concentriques : on en compte une quarantaine.

II. Puis une grande dépression annulaire entourant les $3/4$ de la zone formée de cercles : sur l'W, sur le N et sur l'E.

III. Un grand plateau, ensuite, reconnaissable à sa corniche et visible également sur ces trois mêmes côtés.

IV. Enfin la partie droite aux reliefs à peine marqués mais où les lignes parallèles orientées NE-SW attirent l'attention.

Si nous reprenons en détail ces différentes unités nous constatons pour la première que cette apparence de *cercles concentriques* est donnée par une alternance de couches vraisemblablement dures donnant des cuestas et de couches sans doute tendres, plus facilement érodées, donnant des dépressions. Le tout sur 17 km de diamètre. Les couches ont des puissances très diverses car ces différents anneaux ont des largeurs très variables alors que le pendage, au stéréoscope, est constant et peut être estimé à 22 ou 25°.

Des lignes noires, ayant des directions assez voisines des rayons du cercle, sont la preuve de failles : nous voyons qu'elles sont visibles presque exclusivement dans les roches dures formant les cuestas. Elles s'estompent ou même disparaissent dans les dépressions, mais elles se retrouvent dans les cuestas successives suivant le même alignement. Enfin la preuve de décrochements est visible tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre, sur un même cercle de barre rocheuse. Ceci nous prouve que la cassure a sans doute été accompagnée d'un certain mouvement de cisaillement ou d'exhaussement différentiel. La partie externe de cette première unité présente un commencement de drainage vers la grande dépression annulaire.

La *grande dépression annulaire*, assez largement développée, a environ 6 km de large vue l'échelle de la photographie. Elle est également assez homogène comme topographie. Elle est caractérisée par deux cours d'eau prenant

naissance sur le plateau (unité III) et débouchant parallèlement dans l'unité II ; mais, aussitôt, ils divergent et partent dans des directions opposées. Toutefois ils ont encore un point commun : ils disparaissent tous les deux sur une ligne verticale, un peu à droite du centre de l'assemblage après que leur tracé s'est peu à peu estompé. Le point où ils disparaissent est souligné par une tache sombre qui indique que le sol doit y être humide.

Le *grand plateau* a été assez sérieusement attaqué par les ruisseaux se dirigeant vers la grande dépression. Sa corniche, par endroits, est déjà loin de celle-ci. Sa topographie est monotone et rien n'attire notre attention sinon un curieux alignement de plusieurs rivières dans la partie ouest. En effet, du N au S, on voit successivement deux ruisseaux confluer au même point, comme je vous l'ai montré tout à l'heure pour le Grand Cañon ; plus à droite, et dans la même direction avec seulement une légère inflexion, nous en trouvons deux autres. Ces quatre rivières ont une direction sans doute imposée par une faille.

Enfin la quatrième unité est entièrement formée de *sables*, ce que nous laissent pressentir : 1° la perte des deux rivières ; 2° les taches sombres, puisque nous avons toujours remarqué qu'un sol humide vient en plus foncé sur la photographie que le même sol sec ; 3° l'alignement de dunes en filets allongées NE-SW et la présence d'une petite dune en pente douce vers le NE et en pente raide vers le SW. Ceci s'explique fort bien : les alyées, dans cette région, soufflant du NE.

Au point de vue paléogéographie, que pouvons-nous conclure, avec les seuls renseignements de ces photos et les comparaisons avec d'autres reliefs ?

Le Meteor Crater de l'Arizona a 1,2 km de diamètre ; la forme spéciale du cratère est typique : on y voit le soulèvement de la bordure externe mais aussi la marque de l'explosion sur le côté interne donnant 2 lèvres concaves vers le ciel. De plus, il n'y a qu'un seul et unique cratère sans redans successifs.

Au XIX^e Congrès géologique international d'Alger, M. Karpoﬀ¹ a signalé la présence à 120 km à l'ESE de Laghouat d'un cratère en forme d'ellipse dont le grand axe aurait 2 km. Ce cratère est constitué de calcaires à silex et brèches d'âge sénonien ou éocène ; les terrains, au bord du cratère, sont inclinés vers l'extérieur avec un pendage de 15 à 20° en moyenne ; quelques panneaux sont à la verticale ; la dépression centrale est presque exclusivement formée de dépôts terreux ; il n'y a pas d'anomalies magnétiques ; pas de roches éruptives ; pas de météorites.

Pendant l'auteur conclut en émettant l'hypothèse de l'explosion et de la vaporisation d'une météorite géante.

Sommes-nous à Quadane en présence d'un cratère formé par l'explosion d'une météorite géante ? C'est peu probable. La forme n'est pas la même qu'au « Meteor Crater » dans l'Arizona.

1. KARPOFF R. (1952). Résumés des communications du 19^e Congr. géol. intern. Alger, p. 113.

Est-ce un volcan strombolien avec une succession plus ou moins régulière de coulées de laves donnant les cuestas et de projections de cendres donnant les dépressions.

La photographie ne peut nous fournir d'autres renseignements et nous tirer d'incertitude.

Écoutons Th. Monod qui est allé voir ce curieux ensemble. Il nous informe que les différents reliefs de la partie centrale sont formés de grès ordoviciens, que les dépressions sont creusées dans des schistes plus tendres, qu'enfin il n'y a pas de roches éruptives, sauf un petit filon de gabbro, ni de restes de météorites. Il émet l'hypothèse d'un laccolite sans l'appuyer d'arguments.

Il semble, devant les formes fournies par la photographie aérienne qui permet d'embrasser d'un seul coup d'œil 40 km de terrain et les renseignements de Th. Monod, que l'on peut tenter de donner l'explication suivante.

Les couches sédimentaires de l'Ordovicien ont été soulevées par une montée magmatique et déformées en dôme. Cette déformation a provoqué un réseau de failles radiales que soulignent encore les couches dures. La poussée magmatique n'a pas été suffisante pour que le batholite ou le laccolithe vienne au jour, d'où l'absence de roches volcaniques hormis le filon signalé. L'érosion a décapé le dôme, sans atteindre la roche éruptive, donnant cette quarantaine de zones circulaires aux morphologies différentes. Elle a mis, en outre, en évidence, dans la région ouest, une cassure provoquée par la déformation dans les roches sédimentaires et orientée presque N-S. Celle-ci est soulignée par les 4 ruisseaux précités.

A quelque 32 km au NW de ce « relief cratérimorphe », comme dit Monod, les photos de l'I.G.N. nous signalent un autre relief assez semblable mais beaucoup plus simple. La partie centrale ne présente pas un grand nombre de couches comme à Ouadane, d'une part, et elles sont plus irrégulièrement disposées, d'autre part. L'érosion forme comme une étoile, au centre.

En opposition avec Ouadane, nous n'avons là que trois corniches seulement et trois dépressions. Au centre on aperçoit un petit relief à la topographie très heurtée. Tandis que l'ensemble de la photographie semble être formé de terrains sédimentaires, ce petit massif pourrait bien être formé de roches éruptives. Le plateau qui l'entoure se voit sur une plus grande étendue et l'on y discerne facilement que le bombement l'affecte sur une grande étendue. Le réseau hydrographique y est parfaitement divergent dans toutes les directions suivant les génératrices de ce cône surbaissé. Une grande faille, bien rectiligne, affouillée par l'érosion

se voit dans la partie ouest de la photographie et rappelle un peu celle signalée sur Ouadane. La genèse semble être la même.

Ces quelques exemples montrent, une fois de plus, que l'examen des photographies aériennes décèle une quantité de renseignements et qu'un géologue ne devrait plus aller sur le terrain avant d'avoir étudié celui-ci très soigneusement sur un assemblage et sur stéréos. Ainsi, aurait-il déjà une idée assez nette des différentes unités par les contrastes qu'elles présentent en stratigraphie, morphologie, tectonique, etc...

Il pourrait alors établir son itinéraire, assuré d'aller là où il y aurait quelque chose d'intéressant à voir et sans risquer, en l'ignorant, de passer à côté sans s'arrêter. Il gagnerait, de plus, un temps considérable dans l'exécution de sa mission.

LÉGENDES DES PLANCHES I ET II

PLANCHE I.

FIG. 1. — Anti-difflal dans le Pays de Bray.

FIG. 2. — Forêt vierge en Nouvelle Guinée hollandaise.

FIG. 3. — Vue aérienne au Gros Cerveau (NW de Toulon, Var).

PLANCHE II.

FIG. 1. — Faille de cisaillement dans l'Impériale Vallée (États-Unis).

FIG. 2. — Déplacements d'un méandre.

FIG. 3. — Dôme de Ouadane.

OBSERVATIONS.

M. J. GOGUEL. — Les belles photographies que vient de montrer M. Gandillot montrent quelle aide la photographie aérienne doit apporter au lever de cartes géologiques. Encore ne nous a-t-il pas été possible de les observer en stéréoscopie, ce qui accroîtrait encore la richesse des informations qu'elles fournissent. Aussi le Service de la Carte géologique s'efforce-t-il de procurer à ses collaborateurs les photographies aériennes des régions qu'ils sont chargés de lever.

M. L. BARRABÉ. — L'Antatika dans l'W de Madagascar et l'Erongo dans le SW africain présentent des dispositions morphologiques circulaires concentriques qui rappellent beaucoup les structures décrites par M. Monod. Dans le premier cas, on est en présence d'un laccolithe, dans le second d'un subvolcan avec complexe éruptif et volcanique, mais il est évident que, si la couverture sédimentaire était conservée au-dessus de ces appareils éruptifs, elle présenterait l'aspect observé en Mauritanie.

NIVEAUX A COPROLITHES DE CRUSTACÉS

PAR Jean Cuvillier ¹.

PLANCHE III.

Sommaire. — Après les travaux de Paréjas qui ont récemment précisé l'origine de ces étranges pelotes fécales, l'auteur cite de nombreux gisements dans lesquels il les a rencontrées, rassemblées surtout, semble-t-il, dans des formations saumâtres à lacustres de l'Infra-Lias, du Jurassique terminal et du Néocomien.

Sous le nom d'organisme B, sans autre précision, Joukowsky et Favre [1913] signalaient, dans le Portlandien-Purbeckien du Salève, d'énigmatiques petits corpuscules que Paréjas [1935] attribuait, à des coprolithes de Crustacés, pour en donner récemment [1948] une description plus complète.

Dans l'intervalle, ces restes d'organismes étaient retrouvés par J. Favre et A. Richard [1927] dans le Jura méridional, par Paréjas en Anatolie, et, depuis, mentionnés par Maubeuge [1952] dans le Toarcien de Lorraine.

Si quelques doutes subsistent encore quant à l'origine certaine de ces corpuscules, il semble bien que les spécialistes soient maintenant à peu près d'accord pour y reconnaître des pelotes fécales qui seraient, selon Van Straelen [Maubeuge, 1952], à peu près identiques chez bien des animaux marins, des Polychètes aux Crustacés. Paréjas, qui les a groupées sous le vocable *Coprolithus*, se basant sur les travaux de H. B. Moore, les considère comme appartenant à des Thalassinidés [Paréjas, 1948].

Ces coprolithes, aux formes variables, que je prenais pour des Characées primitives [Cuvillier et Sacal, 1951], le plus souvent en bâtonnets grossièrement cylindriques de diamètre généralement inférieur à 1,5 mm, ont parfois un certain intérêt stratigraphique, outre qu'à plusieurs niveaux, leurs accumulations se retrouvent en dispersion géographique importante.

En Aquitaine occidentale, nous les avons souvent reconnus, en lames minces, en particulier au début du Lias et au Néocomien, récemment identifié dans plusieurs forages et sur le terrain ; les photographies que nous en donnons par ailleurs (Pl. III),

1. Note présentée à la séance du 1^{er} mars 1954.

font voir les deux aspects caractéristiques de leurs sections, tantôt longitudinales, avec des gouttières discontinues, parallèles à l'axe des cylindres, tantôt transversales et montrant un nombre et un arrangement variables de ces canaux.

Dans l'état actuel de nos connaissances sur ces débris coprolithiques, il ne nous a pas paru désirable de les rattacher à l'une plutôt qu'à l'autre des formes décrites minutieusement par Paréjas. Notons qu'ils semblent généralement associés à des Ostracodes, dans une sédimentation de type lagunaire, marneuse, calcaire ou dolomitique.

Dans l'Infralias probable d'Aquitaine, ces organismes, souvent assez nombreux, ont été identifiés dans les gisements ou sondages suivants : tunnel de Naudy, forage de Saint-Médard 1 à 1 844 m, coupe du Cuzoul à Parisot (feuille de Cahors), forage Audignon 1 à 2 187 m, etc.

Dans le Néocomien, où ces coprolithes, quelquefois en compagnie de débris de test de Crustacés (*Estheria*), sont souvent de taille sensiblement plus grande, ils ont été reconnus dans les forages de Lacq 102, à 4 010 et à 3 964 m; d'Audignon 1, à 1 721 m; de Garlin 2, à 2 590 m; de Sainte-Suzanne, dans les « calcaires inférieurs », etc.

Dans ces deux niveaux d'Aquitaine, où semblent surtout cantonnées des fréquences notables de coprolithes de Crustacés, ils constituent de bons *marqueurs* dont l'intérêt, pour la stratigraphie des sondages en particulier, valait d'être souligné.

Entre ces deux positions stratigraphiques, ils ont été également observés, sporadiquement, en Aquitaine, au Lias du Mail Arrouy, du Léchencumendy, dans le Dogger de Caylus, dans le Jurassique du croissant d'Armendaritz, etc...

Les calcaires bitumineux de Saint-Champ-Chatonod (Ain) m'ont fourni, dans du Kimmeridgien, quelques belles sections de ces mêmes coprolithes; on peut les voir aussi, à 1 620 m, dans l'Hettangien du forage de Quissac, exécuté par la S. N. P. L. M.; J. Pfender [1927] en signalait, en basse Provence, dans les couches de passage du Jurassique au Crétacé.

En dehors de ces régions, j'ai eu plusieurs fois l'occasion d'identifier encore ces organismes au Maroc : dans le Lias moyen du Djebel Balaas; au forage de Bou Draa 3, à 1 330 m, dans le Toarcien; G. Nouet, de la Société chérifienne des Pétroles, m'a dit les avoir aussi reconnus dans quelques forages du Maroc, à l'Infralias, dans le Lias et le Dogger. En Algérie, je les ai retrouvés dans certains matériaux des sondages exécutés par le Service de la Colonisation et de l'Hydraulique, à F. 31 (Aïn Gueteifa), R. 1

et R. 3 (Aïn Skhoua), à H.33 (Ben Khelil), dans des niveaux assez mal datés, qui sont très probablement jurassiques.

L'énumération ci-dessus montre que les coprolithes de Crustacés, encore assez mal connus, ne sont pas rares et que leur répartition stratigraphique, très incomplètement définie, nous conduit déjà à les rencontrer un certain nombre de fois depuis l'extrême base du Jurassique jusqu'au début du Crétacé inférieur, avec quelques horizons particuliers qui seraient surtout le Lias, le Portlandien-Purbeckien et le Néocomien (à Aptien ?) au delà duquel nous ne les avons pas encore identifiés (sauf en éléments remaniés).

Notons qu'en Anatolie, Paréjas les a cités dans un calcaire attribué à l'Oligocène.

BIBLIOGRAPHIE

- CUVILLIER J. et SACAL V. (1951). — Corrélations stratigraphiques par micro-faciès en Aquitaine occidentale. *Third World Petroleum Congr.*, La Haye, pl. IV, fig. 2, pl. XVII, fig. 1.
- FAVRE J. et RICHARD A. (1927). — Étude du Jurassique supérieur de Pierre-Châtel et de la cluse de la Balme (Jura méridional). *Mém. Soc. pal. suisse*, vol. XLVI, p. 36, fig. 12 a-d.
- JOUKOWSKY E. et FAVRE J. (1913). — Monographie géologique et paléontologique du Salève. *Mém. Soc. Phys. Hist. nat. Genève*, vol. 37, p. 315, pl. XIV, fig. 1.
- MAUBEUGE P. L. (1952). — Sur deux « Problematica » du Jurassique lorrain. *Bull. Soc. belge Géol.*, t. LXI, fasc. 2, p. 232-235.
- MOORE H. B. (1932). — The faecal pellets of the Anomura. *Proc. roy. Soc. Soc. Edinburgh*, vol. LII, part III, p. 296, pl. I-II.
- PARÉJAS E. (1935). — « L'organisme B » de E. Joukowsky et J. Favre. *C. R. Soc. Phys. Hist. nat. Genève*, vol. 52, n° 3, fig. 1, 2.
- (1948). — Sur quelques coprolithes de Crustacés, *Arch. Sc.*, vol. 1, fasc. 3, p. 512-520, fig. 1 à 48.
- PFENDER J. (1927). — Sur la présence de *Clypeina* MICH. dans les couches de passage du Jurassique au Crétacé en Basse-Provence calcaire ; de son identité avec l'organisme A du Purbeckien marin au Salève (Favre et Joukowsky). *B. S. G. F.*, (4), XXVII, p. 89-94, 1 pl.

EXPLICATION DE LA PLANCHE III

1. Calcaire semi-cristallin à coprolithes de Crustacés. — Forage de Saint-Médard (Gers) à 1844 m. Infra-Lias probable (× 19).
2. Calcaire détritique à coprolithes de Crustacés, Annélides, etc. — Forage de Garlin (Basses-Pyrénées) à 2 590 m. Néocomien (× 27,5).

OBSERVATIONS DE M. JODOT. — A côté de la forme particulière des coprolithes des Crustacés et de leur abondance dans les sédiments au point qu'ils peuvent servir de repères pétrographiques de plusieurs niveaux stratigraphiques, il faut attirer l'attention sur les aspects multiples et inattendus que présentent les excréments des Invertébrés. Les pétrographes peuvent ne pas savoir interpréter l'origine de petits amas homogènes de forme bizarre, qui ne sont autres que des excréments. Je ne sais pas si des recherches spéciales ont été faites dans ce sens. Déjà en 1678, Martin Lister mentionnait les différences existant entre les faeces des Gastéropodes pulmonés et operculés vivants. A tout hasard, je signale la curieuse étude de H. B. Moore¹ sur les excréments de Mollusques actuels pour attirer l'attention sur ce sujet.

1. MOORE H. B. (1931). The systematic value of a study of Molluscan faeces. *Proc. malacol. Soc. London*, vol. XIX, part VI, p. 281-290, pl. 30-33.

LE GENRE *LINDERINA*
ET QUELQUES AUTRES FORAMINIFÈRES
L'ACCOMPAGNANT DANS LE NUMMULITIQUE D'AQUITAINE

PAR **Madeleine Neumann** ¹.

PLANCHES IV ET V a.

Sommaire. — L'étude des marnes et calcaires du Lutétien supérieur d'Aquitaine a permis de retrouver *Linderina brugesi*, Foraminifère décrit pour la première fois par C. Schlumberger, en 1893.

Disposant d'individus dégagés, il a été possible de faire différentes sections et de les comparer à celles de *Monolepidorbis*, genre parfois confondu avec *Linderina*.

Dans le cadre de travaux en cours, sur la révision des Orbitoïdés d'Aquitaine, j'ai été amenée à examiner particulièrement des échantillons provenant d'un affleurement du S de Bayonne. Cet affleurement, du Lutétien supérieur, se situe dans la commune de Saint-Pierre-d'Irube, à environ 5 km au SE de Bayonne, après la bifurcation des routes de Briscous, d'Hasparren et du château de Larralde, dans le coteau de la route qui descend vers Villefranque, à la hauteur de la ferme Daguerre. On trouve là une succession de marnes jaunâtres alternant avec des calcaires également jaunâtres.

Outre les petits Orbitoïdés, signalés autrefois par C. Schlumberger [1903, 1904] et H. Douvillé [1922], on récolte une microfaune assez riche contenant de nombreuses formes arénacées de gros Rotalidés bien caractéristiques de ce niveau, des *Linderina* et des *Fabiana*.

Le genre *Linderina* a été créé par C. Schlumberger, en 1893 pour des individus rencontrés dans les déblais, d'âge éocène supérieur, d'un des forages de Bruges (Gironde).

Dans la classification adoptée par tous les auteurs, ce genre est étudié dans la famille des *Planorbulinidae*. Il ne comporte que peu d'espèces et son historique est très court.

En 1906, H. Douvillé a attribué le nom de *Linderina* sp. à des individus provenant du Campanien de Bélyès (Dordogne). M. G. Astre [1907] leur a ensuite donné le nom de *Monolepidorbis douvillei*. En 1918, E. Halkyard

1. Note présentée à la séance du 15 mars 1954.

crée deux nouvelles espèces pour des formes rencontrées dans les marnes bleues de Biarritz : *Linderina chapmani* qui, en réalité, est un *Halkyardia*, et *Linderina ovata*. En France, on ne connaît donc que deux espèces : *Linderina brugesi* et *Linderina ovata*.

Ailleurs, W. L. F. Nuttall et A. G. Brighton en 1931 ont décrit en Somalie : *Linderina buranensis*. En 1942, W. S. Cole a créé une nouvelle espèce : *Linderina floridensis* pour des échantillons provenant de forages en Floride, dans un niveau de l'Éocène moyen. *Linderina floridensis* présente beaucoup d'affinités avec l'espèce de Daguerre.

En 1952, P. J. Bermudez rapproche le genre *Linderina* du genre *Planorbullinella*.

DESCRIPTION ¹. — a) *Morphologie externe*. Les *Linderina* trouvées à Daguerre diffèrent peu de *Linderina brugesi* décrite par C. Schlumberger.

Ce sont de petites formes discoïdales de 1 à 3,5 mm de diamètre et de 0,3 mm d'épaisseur. Elles sont parfois plates ou légèrement renflées en leur milieu ; dans certains cas, cet épaississement médian est suivi d'une dépression annulaire. Chez les formes en parfait état de conservation, on observe, sur l'épaississement médian, des granules assez nombreux et très rapprochés, ayant environ 50 μ de diamètre.

Très souvent, ces formes ont un contour ondulé ; chaque bosse correspond à une loge équatoriale du dernier tour. De profil, cette ondulation du test se traduit par une alternance de dépressions verticales et de renflements (fig. 1 A a). On aperçoit, de plus, chez des individus bien conservés, de petites dépressions rondes de 50 μ de diamètre, entourées d'une paroi annulaire assez mince. Ce sont des ouvertures analogues aux stolons observés chez les Orbitoïdes *s. str.*

b) *Morphologie interne*. Au point de vue interne, les auteurs ne sont pas tous d'accord. C. Schlumberger indique comme embryon mégasphérique, une seule loge centrale. W. L. F. Nuttall et A. G. Brighton décrivent un embryon composé de trois loges chez *Linderina buranensis* et W. S. Cole signale chez les formes A de *Linderina floridensis*, un embryon biloculaire.

— En section équatoriale, les espèces de Daguerre montrent un embryon composé de deux chambres rondes, entourées de chambres équatoriales aux contours arqués. Cet embryon mesure en longueur environ 150 μ et en largeur 90 μ . Les loges équatoriales situées immédiatement autour de l'embryon sont assez petites (90 $\times$ 60 μ) et croissent vers la périphérie (120 $\times$ 60 μ).

C. Schlumberger mentionne que la paroi des loges est continue sur tout le pourtour, sans aucune trace de suture. Ce caractère n'est pas à retenir. En effet, chaque loge est bien délimitée et la paroi rejoint à chaque extrémité les parois des loges du tour précédent (fig. 1 A d). Le caractère donné par C. Schlumberger ne s'observe que sur les sections passant par les stolons. De

1. Il aurait été intéressant de pouvoir examiner les types de C. Schlumberger pour comparer avec nos formes et surtout pour étudier des détails de sections. Malheureusement ces types n'ont pu être retrouvés.

plus, sur la section équatoriale qu'il figure [1893, pl. III, fig. 9], on remarque nettement que certaines loges sont complètement individualisées.

— En section axiale, on observe une couche de loges équatoriales qui croissent en hauteur de l'embryon à la périphérie où elles atteignent $150\ \mu$. Ces loges sont surmontées, sur chaque face, par une paroi calcaire plus ou moins épaisse suivant les individus. Cette paroi est traversée par de fines tubulures qui se continuent parfois à travers la paroi même de la loge et permettent ainsi la communication de la loge avec l'extérieur. Dans certaines coupes, on remarque la présence de petites ouvertures circulaires qui sont la trace des stolons faisant communiquer deux loges voisines. C. Schlumberger avait d'ailleurs figuré ces stolons [1893, pl. III, fig. 3].



FIG. 1.

A : *Linderina bruesi* SCHLUMBERGER. a : vue de profil $\times 35$; b : section axiale $\times 50$; c : portion de section axiale $\times 135$; d, e : portion de section équatoriale $\times 135$; f : embryon mégasphérique $\times 75$. — B : *Planorbulinella larvata* PARKER et JONES $\times 75$. — C : *Monolepidorbis douvillei* ASTRE $\times 30$.

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES. — Extérieurement, les *Linderina*, par leur contour ondulé se rapprochent des *Monolepidorbis* ; elles se différencient des *Planorbulinella* chez lesquelles les loges sont plus apparentes.

Au point de vue structure interne, les *Linderina* ont des loges équatoriales dont la forme rappelle celle des *Planorbulinella* et des *Monolepidorbis*, mais l'appareil embryonnaire des formes macro-

sphériques est différent : monoculaire chez *Planorbulinella*, biloculaire chez *Linderina*, quadriloculaire chez *Monolepidorbis* (fig. 1, A a, B, C). Cet embryon quadriloculaire de *Monolepidorbis* est très intéressant, car il se rapproche par sa forme, par ses dimensions, par son stade népionique, de celui d'*Orbitoides tissoti*.

En Aquitaine, M. J. Cuvillier m'a signalé des *Linderina* dans le Lutétien supérieur de Guiche (B.-P.), à la carrière de Moulian et à la carrière de Larrouquette. Les sections trouvées dans ces calcaires se rapportent à la même espèce que celle de Daguerre : *Linderina brugesi*. En outre, D. Boulanger la retrouve dans les calcaires du Lutétien supérieur d'Hastingsues (Landes).

A Daguerre, ces *Linderina* sont accompagnées d'une microfaune abondante dont l'association la plus caractéristique est la suivante :

Textularia cf. adalta CUSHMAN (r.)¹; *Textularia cf. abbreviata* D'ORB. (ar.); *Arenobulimina* sp. (tr.); *Dentalina elegans* D'ORB. (tr.); *Eponides caroliensis* CUSHMAN var. *navarroensis* COLOM et RUIZ DE GAONA (r.); *Rotalia armata* D'ORB. (f.); *Rotalia trochidiformis* LMK (af.); *Rotalia viennoti* GREIG (f.); *Stomatorbina* sp. (r.); *Globorotalia micheliniana* D'ORB. (tr.); *Cibicides daguerri* NEUMANN (f.); *Cibicides refulgens* MONTFORT (tr.); *Sphaerogypsina globulus* REUSS (ar.); *Hemigypsina* sp. (ar.); *Fabiania* sp. (ar.).

Cette dernière forme, décrite dans l'Éocène moyen de Cuba, mérite d'être notée, et M. J. Cuvillier [1950, pl. LXXV, fig. 1] avait déjà signalé sa présence en Aquitaine.

CONCLUSIONS. — L'intérêt de cette note est :

— D'abord de préciser la position stratigraphique de *Linderina brugesi*, accompagnée de *Fabiania* sp., dans le Lutétien supérieur d'Aquitaine, alors que *Linderina ovata* se rencontre dans le Bartonien (Côte des Basques à Biarritz, ravin de Béhéréco à Bidart).

— Ensuite, de noter l'association des Foraminifères qui accompagnent *Linderina brugesi* et que l'on retrouve dans tout le Lutétien supérieur du Bas-Adour (région de Bayonne, de Peyrehorade et de Saint-Barthélemy).

— Enfin, une mise au point était nécessaire pour la distinction des genres *Planorbulinella*, *Linderina* et *Monolepidorbis*. Ce dernier a été supprimé par J. A. Cushman [1950] et mis en synonymie avec *Linderina*. Il n'est nullement mentionné par P. J. Bermudez, en 1952, dans son étude des Foraminifères rotaliformes. Or ce genre, dont l'embryon des formes A n'avait jamais été signalé et qui rappelle celui d'*Orbitoides tissoti*, doit être maintenu et étudié avec les *Orbitoididae*, famille à laquelle il appartient.

1. r. : rare ; ar. : assez rare ; tr. : très rare ; f. : fréquent ; af. : assez fréquent.

BIBLIOGRAPHIE

- ASTRE G. (1927). — Sur *Monolepidorbis*, voisin des Linderines et des *Orbitoides*. *B. S. G. F.*, XXVII (4), p. 387.
- BERMUDEZ P. J. (1952). — Estudio sistematico de los foraminiferos rotaliformes. *Minist. Minas e Hydrocar., Geol.*, Caracas, vol. II, n° 4.
- COLE W. S. (1912). — Stratigraphic and paleontologic studies of wells in Florida. *Florida geol. Survey, Bull.*, Talla, n° 20, p. 36.
- CUSHMAN J. A. (1950). — Foraminifera, their classification and economic use. Cambridge, Harvard Univ. Press, 4^e éd.
- CUVILLIER J. (1950). — Microfacies en Aquitaine. Leiden.
- DOUVILLÉ H. (1906). — Évolution et enchaînements des Foraminifères. *B. S. G. F.*, (4), VI, p. 600.
- (1922). — Révision des Orbitoïdes. 2^e partie : Orbitoïdes du Danien et de l'Éocène. *Ibid.*, (4), XXII, p. 55.
- HALKYARD E. (1918). — The fossil foraminifera of the Blue Marl of the Côte des Basques, Biarritz. *Mem. Proc. Manchester Lit., Phil. Soc.*, sess. 1917-1918, vol. 62, part. II, p. 109.
- LE CALVEZ J. (1938). — Recherches sur les Foraminifères. Développement et reproduction. Arch. zool. expér. et générale.
- NUTTALL W. L. F. et BRIGHTON A. G. (1931). — Larger foraminifera from the Tertiary of Somaliland. *Geol. Mag.*, London, vol. 68, p. 49-65, pl. 1-4.
- SCHLUMBERGER C. (1893). — Note sur les genres *Trillina* et *Linderina*. *B. S. G. F.*, (3), XXI, p. 120.
- (1903). — Troisième note sur les Orbitoïdes. *Ibid.*, (4), VII, p. 273.
- (1904). — Quatrième note sur les Orbitoïdes. *Ibid.*, (4), IV, p. 119.

LÉGENDES DES PLANCHES IV ET V a.

PLANCHE IV.

- 1, 2 : *Textularia cf. abbreviata* D'ORBIGNY.
- 3, 4 : *Textularia cf. adalta* CUSHMAN.
- 5 : *Arenobulimina* sp.
- 6, 7 : *Rotalia viennoti* GREIG.
- 8, 9 : *Rotalia armata* D'ORBIGNY.
- 10, 11 : *Eponides cf. carolinensis* CUSHMAN var. *navarroensis* COLOM et RUIZ DE GAONA.
- 12, 13 : *Stomatorbina* sp.
- 14, 15 : *Rotalia trochidiformis* LAMARCK.
- 16, 17 : *Cibicides daguerri* NEUMANN.
- 18, 19 : *Fabiania* sp.
× 45 sauf 18 × 10.

PLANCHE V a.

- 1, 2, 3 : *Linderina brugesi* SCHLUMBERGER. Saint-Pierre-d'Irube-Daguerre (Basses-Pyrénées).
- 4 : *Monolepidorbis douvillei* ASTRE. Belvès (Dordogne) × 20.

SUR QUELQUES ESPÈCES D'ANTHOZOAIRE DU NUMMULITIQUE DES ENVIRONS DE BLAYE (GIRONDE)

PAR J.-P. Chevalier ¹.

PLANCHE V b.

Sommaire. — Description de quelques échantillons de la collection Matheron, provenant d'une région sur laquelle n'existe aucune monographie relative aux Madrépores fossiles.

Les échantillons étudiés dans cette note proviennent de la collection Matheron, conservée au Muséum d'Histoire naturelle de Marseille. Ils ont été vraisemblablement récoltés à divers niveaux stratigraphiques si l'on en juge par leur état de conservation fort différent, les uns étant bien conservés, les autres silicifiés, un échantillon, enfin, se présentant sous forme d'un moule interne. Pour chacun d'eux, il est impossible de préciser le niveau exact où il a été ramassé, les étiquettes ne portant que les indications : « Environs de Blaye » ou « Roque de Thau ». Si l'on se réfère à l'étude stratigraphique de Matheron sur la région ², on constate qu'il ne signale l'existence de Polypiers, dans les environs de Blaye, qu'au niveau du calcaire marin de Saint-Estèphe, attribué aujourd'hui au Ludien. Toutefois, les auteurs signalent également la présence de Zoanthaires dans le calcaire lutétien de Blaye ³ et dans le calcaire à Astéries (Stampien) ⁴. J. Repelin, dans le « Catalogue méthodique détaillé de la collection paléontologique de Ph. Matheron » (Marseille), place les échantillons de Blaye dans l'Éocène et ceux de Roque de Thau dans l'Oligocène. Il est donc permis de supposer que les premiers sont d'âge lutétien ou ludien, tandis que les seconds sont stampiens. Malgré cette incertitude sur l'âge exact des Polypiers, il m'a paru intéressant cependant d'en donner une étude sommaire. Parmi les échantillons figurent, en effet, 2 espèces nouvelles.

1. Note présentée à la séance du 1^{er} février 1954.

2. MATHERON Ph. (1867). Notes sur les dépôts tertiaires du Médoc et des environs de Blaye. *B. S. G. F.*, (3), XXIV, p. 197-228.

3. Se référer en particulier à la thèse de A. FABRE (1939). Description géologique des terrains tertiaires du Médoc.

4. On trouvera une bibliographie détaillée sur la région dans l'ouvrage de F. DAGUIN (1948). *L'Aquitaine occidentale*. Paris, Hermann et C^{ie}.

Genre *Acropora* OKEN 1815.GÉNOTYPE : *Acropora muricata* LINNÉ sp. 1758.*Acropora cf. solanderi* MICH. sp.

PLANCHE V b, fig. 3.

Madrepora solanderi MICHELIN. 1842, Iconogr. Zooph., p. 165, fig. 7.

Un petit échantillon usé et silicifié. Roque de Thau.

DIMENSIONS : diamètre des rameaux = 4 mm ; diamètre moyen des calices = $1,5 \times 2$ mm ; distance centre à centre = de 2 à 4,5 mm (moyenne = 3,4 mm).

DIAGNOSE : petite colonie dendroïde aux branches subcylindriques. Calices légèrement inégaux, fortement inclinés, faiblement elliptiques, peu saillants, assez espacés, profonds et disposés sans ordre apparent sur la colonie. Périthèque assez bien développée mais dont la structure a disparu par recristallisation ; sa surface supérieure était costulée et perforée. Présence de 12 septes, paraissant sensiblement égaux et de faible largeur.

Il est impossible, étant donné l'état de conservation de l'échantillon, de préciser cette diagnose très sommaire et je rapporte avec doute cette *Acropora* à l'espèce de Michelin.

Genre *Stylophora* SCHWEIGGER 1819.GÉNOTYPE : *Stylophora pistillata* ESPER sp. 1797.*Stylophora cf. annulata* REUSS 1864.

PLANCHE V b, fig. 4.

Stylophora annulata REUSS. 1864, Die Fossilen Anthozoen von Oberburg in Steiermark, p. 12, pl. II, fig. 1-3.

5 échantillons. « Roque de Thau. Haut. »

DIMENSIONS : diamètre des rameaux = 6 à 8 mm ; diamètre des calices = 1,3 à $2 \times 1,3$ à 2,3 mm ; diamètre centre à centre = de 1,5 à 3,5 mm (moyenne = 2,6 mm) ; diamètre des granules de la périthèque = 0,1 à 0,2 mm ; densité des granules de la périthèque = 25 au mm^2 .

DIAGNOSE : colonie dendroïde aux calices légèrement elliptiques, quelquefois circulaires, faiblement saillants, légèrement inégaux, disposés sans ordre sur la colonie, assez rapprochés mais dont la distance centre à centre varie cependant notablement. — Périthèque celluleuse au centre des rameaux, généralement compacte à la périphérie mais quelquefois apparaissant comme formée de planchers emboîtés. Sa surface supérieure est couverte de granules nombreux, spiniformes, quelquefois légèrement allongés, disposés dans le prolongement des côtes près des calices et d'une façon homogène loin de ceux-ci. — Les éléments radiaires sont des costoseptes au nombre de 24, peu saillants, compacts, les côtes sont faiblement développées, égales. Il n'existe

que 6 septes¹, ceux du premier cycle, qui atteignent l'axe du calice où ils se soudent à la columelle. Les septes des cycles plus récents sont abortifs. Le bord supérieur des côtes est armé de 3 à 5 dents spiniformes mais généralement usées sur les échantillons ; le bord septal par contre est inerme. Aucune ornementation sur les faces latérales. — Columelle styloforme dépassant légèrement le bord septal mais située assez profondément dans la cavité calicinale. — Dissépiments endothécaux horizontaux, assez espacés, atteignant le centre du calice. Muraille septothécale, compacte, épaisse.

Les échantillons ne se prêtent pas à une étude microscopique.

Les exemplaires de Roque de Thau ont beaucoup d'affinité avec l'espèce de Reuss qui se trouve à Oberburg et également dans le Stampien du Vicentin (Castelgemberto). Ils en diffèrent cependant légèrement par des calices sensiblement plus grands dans l'ensemble et faiblement elliptiques. Les échantillons de Gironde ne sont peut-être qu'une variété de l'espèce d'Oberburg.

Genre *Agatiphyllia* REUSS 1864.

GÉNOTYPE : *Agatiphyllia explanata* REUSS 1864.

Agatiphyllia matheroni nov. sp.

PLANCHE V b, fig. 1.

1 échantillon. « Roque-de-Thau. Haut. 1867. »

DIMENSIONS : hauteur = 2 cm ; distance centre à centre = de 8 à 18 mm (moyenne = 13 mm).

Nombre d'éléments radiaires en fonction du diamètre calicinal :

diamètre calicinal en mm.	7	9	10	11	13	14
nombre de costoseptes . . .	38-40	44	56	66	72	85

angle de divergence : env. 100°.

DIAGNOSE : colonie peu élevée, fixée sur un échantillon usé de *Porites* sp., aux polypierites subcylindriques, verticaux, très inégaux, inégalement rapprochés, tantôt presque indépendants les uns des autres, tantôt étroitement unis. — Présence d'une épithèque incomplète s'étendant assez souvent d'un polypierite à l'autre. Exothèque peu développée, n'existant pas partout, composée de dissépiments très fins subhorizontaux ou légèrement concaves vers la base de la colonie ; les éléments exothécaux sont en outre reliés les uns aux autres par des lames épithécales minces, verticales et discontinues. — Les éléments radiaires sont des costoseptes minces, en nombre variable, légèrement inégaux en épaisseur et en largeur ; la plupart d'entre eux cependant atteignent l'axe du calice, quelques-uns s'anastomosent près du centre. Généralement très perforés, principalement au bord axial, les éléments radiaires sont formés d'un système de trabécules divergeant à partir

1. Sur un échantillon cependant, on observe un calice tout à fait aberrant de 2,8 mm de diamètre, légèrement compressé et qui possède 11 septes, atteignant tous la columelle.

d'une ligne verticale placée à env. 0,3 mm du bord externe ; elles donnent au bord distal de faibles dents qui augmentent de taille à la fois au bord costal où elles sont fortes, pointues, simples ou denticulées, et au bord axial où les trabécules s'écartent légèrement les unes des autres et forment des dents paliformes denticulées ; celles-ci, primitivement inclinées, se relèvent à la verticale et, s'anastomosant les unes aux autres, forment une columelle spongieuse, bien développée, au sommet chicoracé, peu profond. Présence de nombreuses granulations fines sur les faces septales. — L'endothèque est un dissépimentarium aux éléments minces, vésiculeux, plus abondants vers la partie périphérique. — La muraille, parfois inexistante, est d'origine parathécale, formée par des dissépiments subverticaux, très minces. Elle est placée très près du bord costal et indépendante de la ligne de divergence.

La lame mince ne permet pas une étude de la microstructure.

Agatiphyllia blaviensis nov. sp.

PLANCHE V b, fig. 2.

2 échantillons. Environs de Blaye.

DIMENSIONS : hauteur = 1,5 cm ; diamètre calicinal = 11 à 17 mm ; distance centre à centre = 11 à 15 mm.

DIAGNOSE : colonie plocœide, aux polypières légèrement tronconiques, unis étroitement ou non par une périthèque peu développée. Les calices, circulaires, sont peu saillants et ont leur bord arrondi. Présence d'une forte épithèque, plus ou moins discontinue. — L'exothèque quand elle existe est fort peu développée, ne comprenant que quelques dissépiments ; elle a tendance à s'épaissir. — Les éléments radiaires sont des costoseptes en nombre variable : de 56 à 12. Les septes des deux premiers cycles sont plus élevés, plus épais et atteignent seuls le centre du calice ; ceux du 3^e, 4^e et 5^e cycle sont moins élevés, légèrement plus courts et d'épaisseur moindre ; les septes encore plus jeunes sont beaucoup moins développés et moins saillants. Les éléments radiaires sont généralement compacts, sauf dans la partie axiale ; cependant les jeunes costoseptes peuvent présenter des perforations. La ligne de divergence se place approximativement sur la face interne de la muraille ; de cette ligne partent des files de granulations fortes, nombreuses, très serrées, aboutissant au bord distal à de faibles dents qui deviennent beaucoup plus fortes au bord costal et au bord axial ; les côtes sont munies en effet de 2 rangées de dents fortes, arrondies, également espacées, pouvant se fusionner 2 par 2 transversalement pour former une carène allongée et bidenticulée. Vers la partie axiale, le bord septal devient fortement denté et donne des dents paliformes, moins développées toutefois que dans l'espèce précédente, et formant au centre une columelle spongieuse, peu profonde. — Dissépiments endothécaux peu nombreux, surtout périphériques, vésiculeux. La muraille est parathécale, mais contrairement à l'espèce précédente, elle peut s'épaissir fortement.

Genre *Dictyaraea* REUSS 1866.GÉNOTYPE : *D. micrantha* REUSS 1866.*Dictyaraea elegans* REUSS sp. 1864 var. *clinactinia* MICHELOTTI 1861.

PLANCHE V b, fig. 5.

Stylocoenia clinactinia MICHELOTTI 1861. Études sur le Miocène inf. de l'Italie septentrionale. *Naturk. Verhandl. Holl. Maatsch. Wetensch. Haarlem*, 1861, pp. 34 et 153, pl. 15, fig. 5-6.

16 exemplaires. Environs de Blaye.

DIMENSIONS : diamètre des échantillons = 4 à 5 mm ; diamètres calicinaux : 3 à 4 × 4 à 5 mm ; R^1 moyen = 0,5 (varie entre 0,35 et 0,70) ; épaisseur moyenne des septes dans leur partie moyenne = 0,2 à 0,3 mm.

DIAGNOSE : petits fragments cylindriques, pouvant se ramifier, aux polypières subégaux, sensiblement hexagonaux, imbriqués, sans périthèque, mais dont la base communique avec un coenenchyme spongieux au centre des rameaux. Calices peu profonds, dissymétriques, l'axe de la columelle étant excentrique. — 12 septes épais, inégaux (ceux de la partie supérieure du calice étant plus larges), allant jusqu'à la columelle, s'anastomosant quelquefois par leurs extrémités. Ils sont perforés, principalement à la partie inf. et semblent formés, comme chez les *Porites*, de trabécules fortement inclinées, donnant, au bord supérieur, des dents fortes, simples, aiguës, mais paraissant souvent arrondies par usure. Existence de synaptiques très épais, quelquefois carénés, mais peu nombreux. — Le centre du calice est occupé par une formation épaisse, excentrique, compacte, intimement soudée au bord axial des septes et d'un diamètre égal à la moitié de celui du calice, la formation de cette columelle paraît résulter de la soudure intime des trabécules. La muraille est une stéréozone, très épaisse, mais cependant largement perforée. Son bord supérieur porte des dents arrondies, représentant l'extrémité supérieure des trabécules verticales.

Microstructure inconnue.

Cette espèce présente de nombreuses variations portant sur l'épaississement plus ou moins poussé des différentes parties du squelette (septes, synaptiques, columelle), sur l'excentricité de l'axe calicinal (ce que traduit les valeurs du coefficient R qui peut varier du simple au double), enfin sur la taille des calices.

Je fais de cette espèce une variété de *D. elegans* REUSS car elle n'en diffère que par la taille plus grande des calices. On la rencontre dans le Stampien de Castelgomberto, Dego, Gaas, et il n'est pas impossible que les échantillons étudiés proviennent du calcaire à Astéries que l'on trouve à 5 km à peine de la ville de Blaye.

1. J'appelle ainsi le rapport entre les distances respectives de l'axe et des bords inférieurs et supérieurs du calice.

2 novembre 1954.

Bull. Soc. Géol. Fr. (6), IV. — 5

Dans la collection Matheron, existe, en outre, un moule interne d'un Polypier simple, dont l'étiquette porte le nom de *Trochomilia bornonis* MATH. L'état de l'échantillon ne permet même pas de le ranger dans un genre avec certitude. Il provient des environs de Blaye.

LÉGENDE DE LA PLANCHE V b.

FIG. 1. — *Agatiphyllia matheroni* nov. sp.

FIG. 2. — *Agatiphyllia blaviensis* nov. sp.

FIG. 3. — *Acropora* cf. *solanderi* MICH. sp.

FIG. 4. — *Stylophora* cf. *annulata* REUSS.

FIG. 5. — *Dictyaraea elegans* REUSS var. *clinactinia* MICHEL.

1, 2, 4 Gr. nat; 3 et 5 $\times 2$.

DYNAMOMÉTAMORPHISME ET MÉTAMORPHISME RÉGIONAL. QUELQUES OBSERVATIONS DANS LA RÉGION BRIANÇONNAISE

PAR René Perrin ¹.

Sommaire. — Description est donnée d'observations pétrographiques en quelques localités de la région de Briançon, observations effectuées spécialement sous l'angle des conceptions générales sur le métamorphisme. Ces localités appartiennent, soit aux massifs autochtones, soit à la zone briançonnaise proprement dite, soit aux écaïlles de la zone du Gondran. Elles tendent à mettre en évidence : 1^o une fois de plus l'inégale susceptibilité des strates à subir des transformations métamorphiques : « la tache d'huile » ; 2^o la très grande influence des déformations des terrains sur l'intensité du métamorphisme, dans certaines conditions ; il apparaît même probable, au moins dans un cas cité, que cette influence ait conduit à la genèse, tout à côté de roches épimétamorphiques, de roches à faciès plus profond ; 3^o la transformation de terrains mésozoïques en roches d'aspect « vieux Cristallin ».

Ayant l'occasion de passer quelques jours, chaque année, dans le Briançonnais, j'en profite pour faire certaines observations géologiques. Je me suis naturellement surtout attaché à des études d'ordre pétrographique, ayant trait au métamorphisme, en des localités particulièrement choisies. Certaines de celles-ci sont très complexes ; des visites successives ne m'ont pas permis d'épuiser et de loin le sujet, d'autant plus que, quelle que soit l'obligeance de M. Roubault et de ses collaborateurs, je n'ai pu leur demander de procéder à des examens en lames minces sur les nombreux échantillons récoltés qu'en nombre relativement limité. Je ne puis m'empêcher d'être impressionné par le temps considérable qu'il faudrait pouvoir consacrer à des visites sur place, prises d'échantillons et examens pétrographiques pour permettre de se faire une idée vraiment documentée de certaines localités, qui posent cependant des énigmes passionnantes. Les cas que je cite ne sont pas uniques, bien loin de là, et l'on ne peut que se féliciter de ce que de jeunes géologues, de grand talent, se soient consacrés à l'étude de cette région.

Mon but était, avant tout, de confirmer ou d'infirmer les conceptions qui nous sont communes avec M. Roubault sur le métamorphisme par des études dans une région à métamorphisme que l'on peut qualifier de commençant.

1. Note présentée à la séance du 1^{er} février 1954.

Avant d'exposer mes observations, il me paraît utile, afin de situer celles-ci dans leur cadre, de résumer très brièvement ces conceptions.

1° Le métamorphisme en général se traduit par trois phénomènes qui se superposent souvent : recristallisation pure et simple des terrains, échanges chimiques entre strates voisines et échanges chimiques avec la profondeur.

2° L'écrasement facilite les transformations métamorphiques, en diminuant la rigidité des réseaux cristallins et peut-être également par des élévations de températures locales.

3° Les échanges chimiques sont la résultante, d'une part, d'une action à moteur chimique tendant au rétablissement de l'équilibre thermodynamique, et d'autre part, d'une réaction d'origine mécanique, la difficulté plus ou moins grande de déformation des bâts s'opposant à l'accomplissement d'échanges qui entraîneraient des augmentations de volume importantes.

4° Dans les zones épimétamorphiques, la recristallisation est prédominante, sans que l'on puisse affirmer cependant que les échanges entre strates et avec la profondeur ne jouent aucun rôle ; ces échanges croissent en importance, surtout les derniers, au fur et à mesure que croît l'intensité du métamorphisme. Les échanges entre strates, voisins en particulier, peuvent être constatés, même dans des cas qui paraissaient relever *a priori* du seul dynamométamorphisme (Tré-la-Tête) ; il n'y a pas de coupure absolue entre celui-ci et le métamorphisme dit régional. Les échanges avec la profondeur deviennent prépondérants dans la migmatisation et la granitisation, mais ils intéressent également, parfois préférentiellement, certaines strates de grandes séries métamorphiques intercalées entre des strates atteintes par un métamorphisme moins accentué ¹.

5° J'ai indiqué récemment ² que considérer la zone d'apparition d'un minéral déterminé comme fonction uniquement de la température et de la pression hydrostatique, selon les conceptions de P. Eskola sur les faciès métamorphiques et de H. Ramberg, me paraît vrai dans l'ensemble, mais seulement en première approximation, comme le montrent d'ailleurs certaines observations. Des conditions locales, dues à la nature des terrains et à des écrasements par exemple, peuvent conduire à la formation de minéraux et de roches considérés généralement comme caractérisant des faciès plus profonds, tout à côté de minéraux et roches épimétamorphiques.

6° Nous avons également dit qu'il ne nous semblait pas exister de coupure totale dans le métamorphisme posthercynien entre les différentes zones des Alpes depuis les zones internes jusqu'aux externes, massifs autochtones en particulier, mais simplement une grande variation d'intensité. Nous avons parfaitement admis l'existence d'un Cristallin antéhercynien, contrairement aux conceptions qui nous sont parfois prêtées, mais nous pensions que non seulement ce Cristallin a souvent subi, ce que chacun reconnaît, un métamorphisme pendant l'orogénèse alpine, mais qu'il était possible que, parallèlement, des terrains plus récents aient été transformés de façon telle qu'ils puissent être confondus avec du « vieux Cristallin » par suite d'échanges chimiques entre ces terrains, les terrains sous-jacents et la profondeur ³.

1. Cf. A. DEMAY (1942) : Cévennes ; GUITARD : Gneiss œillés du Canigou, etc...

2. PERRIN R. (1954) : C. R. Ac. Sc., t. 238, p. 1666-1668.

3. La découverte par Hüttenlocher de la granitisation locale du Permien du bord sud de l'Aar, concordant sous le Mésozoïque, ainsi que les conclusions de Ch. Exner sur

C'est à la lueur de ces conceptions que je voudrais décrire maintenant certaines de mes observations dans le Briançonnais. J'ai tenu à donner des descriptions assez précises des localités, afin que chacun soit à même de contrôler sans peine l'exactitude des faits décrits, dont certains ne laissent pas de surprendre.

1. LÉGER MÉTAMORPHISME D'ALLURE DYNAMIQUE DANS UN MÉSOZOÏQUE DE MASSIF AUTOCHTONE. — *Synclinal d'Ailefroide (Oisans) au lieu dit les Ribeyrettes*, déjà fort bien étudié par P. Gidon et J. Vernet. Quelques observations succinctes seulement. Le Cristallin du flanc ouest est bordé par un calcaire banal ; ce n'est que quelques mètres plus loin, après intercalation de bancs, dont l'un s'est révélé être une arkose écrasée, sériciteuse et un peu chloriteuse, que l'on observe le calcaire que P. Gidon considère comme renfermant des « galets » cristallins. Telle est effectivement l'impression au premier abord, du fait de l'apparence de plages phylliteuses en surface sur des cassures ; un examen détaillé du banc que j'ai observé m'a montré que les dites plages correspondent en réalité à des lits phylliteux très minces qui s'entrecroisent, ce qui me paraît exclure le fait de galets. J'ai nettement l'impression du développement *in situ*, à la suite sans doute d'écrasements, de lits phylliteux, dus à un léger métamorphisme, constatable également sur les quartzites et d'autres roches où se développe de la séricite, fait semblable à celui que j'ai observé sur un mince banc à la base du Crétacé supérieur de la carrière de Saint-Crépin, zone du Briançonnais. D'autres calcaires un peu marmorisés et à lits de séricite verdâtre abondante, rappellent à s'y méprendre des roches du Briançonnais légèrement métamorphiques de la région de Névache. Inutile de dire que je n'établis aucun rapport entre ce léger métamorphisme et celui du Cristallin sous-jacent. La couverture ne me semble, au surplus, nullement en place ; l'impression est celle de paquets de Mésozoïque décollés ayant glissé dans une crevasse du Cristallin.

II. ZONE BRIANÇONNAISE : *un mince banc d'une zone très écrasée est devenu un calcschiste métamorphique*. — *Anticlinal de Réotier*, anticlinal de terrain briançonnais très allongé et étiré dans le Flysch à la limite de l'Embrunais. Je ne signalerai cette coupe, que je n'ai que très sommairement regardée, que parce que j'ai trouvé, intercalé dans des bancs calcaires, un mince banc de roches

l'âge alpin, en son état actuel, du Cristallin des Hohe Tauern et la migmatisation locale du Mésozoïque, pour ne citer que quelques faits entre d'autres, vont effectivement dans un tel sens.

composé de lits réguliers et alternés de quelques millimètres de phyllites et de calcite présentant de belles ondulations régulières. Constitution et aspect sont identiques à l'ondulation près à un banc de l'écaille du Rosier dont je parlerai plus loin : allure nette de calcschiste métamorphique.

III. MÉTAMORPHISME NET, AVEC APPARITION DE STRATES D'AL-LURE « VIEUX CRISTALLIN » DANS UN MÉSOZOÏQUE DE ZONE AU-TOCHTONE SANS ÉCRASEMENT PROBABLE. — *Boutonnière de Dormillouze* (Oisans) : ouverte dans l'Éocène, la coupe, selon la carte géologique, comporte de haut en bas : un spilite, des calcaires triasiques et le Cristallin, le tout peu incliné. Kilian ayant remarqué la couleur rose de certains bancs calcaires, les avait assimilés à des terrains du Briançonnais. M. Gignoux et L. Moret [1931] ont protesté contre ce rapprochement, et ont attribué la couleur de ces calcaires à un « métamorphisme dû au spilite ».

La réalité est très complexe. Je ne puis qu'énumérer rapidement un certain nombre de constatations incomplètes, mais, je l'espère, suffisantes pour montrer qu'il y a là un problème très particulier. Je serai essentiellement descriptif, car je considérerais comme téméraire, en l'état actuel des choses, d'attribuer, dans un certain nombre de cas, une origine précise aux roches reconnues.

En partant du torrent de la Byaisse rive gauche, juste en amont du pont du sentier de Dormillouze, j'ai vu d'abord des grès, puis deux bancs de brèches ; l'inférieur contient des galets de calcaire rosé à aspect genre calcaire de Guillestre ; le supérieur, des galets de calcaire d'apparence dolomitique et de schistes chloriteux. Au delà d'une combe existent des bancs épais de roches lie de vin, cristallisées à aspects variés mais semblables dans l'ensemble à celles que l'on observe à diverses reprises le long du chemin qui redescend de Dormillouze sur la rive gauche de la Byaisse, et dont je parlerai tout à l'heure. Latéralement, dans les prés situés à l'W et un peu au-dessus de la chapelle, affleurent des calcaires gris qui, par place, sont marmorisés et ont des colorations blanches et roses, à aspect genre marbre de Guillestre ; à l'E, et en contrebas, existent des calcaires bréchoïdes intacts. Tout le long du chemin rive gauche, jusqu'au contact de l'Éocène, on suit approximativement ce qui, sur la carte, est indiqué comme la limite spilite-Trias. Une analyse pétrographique exacte demanderait de nombreux prélèvements ; dans l'ensemble existent essentiellement des roches à coloration lie de vin ou verte. Mais j'ai pu observer : 1^o l'intercalation en un point d'un banc calcaire dolomitique de 0, 20 m de puissance environ ; 2^o en un autre point, l'existence, au sein de bancs bariolés blanc verdâtre et lie de vin extrêmement feuilletés à amygdales de calcite, de minces bancs de marbres blancs de quelques centimètres de puissance. Au microscope, les bancs bariolés montrent une quantité importante d'oxyde de fer mêlé à des phyllites très fins, et quelques rares cristaux brisés de pyroxènes ; c'est le même aspect micrographique d'ensemble que

l'on constate dans un échantillon de roche lie de vin, relativement massive, prélevé en amont ; celle-ci contient des amygdales allongées de calcite à contours complexes.

L'analyse d'un échantillon prélevé dans une partie lie de vin, est très particulière :

SiO ₂	40,7	Na ₂ O	1,2
Al ₂ O ₃	16	K ₂ O	3,6
Fe ₂ O ₃	14	TiO ₂	2,8
FeO	1	H ₂ O	4,5
MgO	8,1	CO ₂	3,3
CaO	4,2		99,4

Elle n'évoque nullement celle d'une véritable spilite ; le rapport $\frac{K_2O}{Na_2O}$ est élevé, de même que la teneur totale en alcalins au regard de la silice (CO₂ et CaO sont dans le rapport de la calcite). J'avoue avoir de la peine à concevoir cette roche comme une roche épanchée, même altérée.

Un autre échantillon lie de vin montre au microscope des zones serpentineuses mêlées à des plages de calcite et quelques moules d'olivine transformée en oxyde de fer ; un autre encore, des zones amygdaloïdes de calcite dans un fond de serpentine et d'oxyde de fer, ainsi que des moules de plagioclase visibles en lumière naturelle. Ce dernier évoque « un mélange de calcaire et de spilite altéré ». Un échantillon de spilite vrai, prélevé au contact dont je parlerai ci-dessous, a une texture doléritique avec nombreux plagioclases sur fond de chlorite et quelques veines serpentineuses.

Ces quelques indications montrent, en tout cas, que cartographier sous le vocable spilite tout cet ensemble, y compris les bancs de calcaire et marbres intercalés, est *a priori* trop simple. Mais c'est le contact avec l'Éocène qui pose les problèmes les plus singuliers. J'ai observé en détail la coupe que donne le chemin ; elle montre une concordance parfaite de tous les bancs du spilite à l'Éocène ; on observe du haut en bas :

1. l'Éocène ;
2. un mince banc de conglomérat, malheureusement très altéré, avec galets de calcaire bleuté, d'aspects liasiques et de schistes chloriteux. Il semble bien qu'il s'agisse d'un conglomérat et non d'une brèche mécanique, car les galets du Lias sont ellipsoïdaux (il évoque un peu le conglomérat à ciment calcaire et à grands éléments de calcaires bleutés et de schistes cristallins, qui est intercalé dans l'écaille de l'Eychauda, près du contact avec le Flysch, sur l'arête qui monte du col de Serre-Chevalier. Quoique ce dernier ait un ciment calcaire extrêmement visible, alors qu'un tel ciment n'est point observable à Dormillouze) ;
3. un banc régulier de schistes chloriteux d'épaisseur 0,20 m environ ; en lames minces : presque uniquement de la chlorite et quelques amygdales très petites de calcite ;

4. un banc calcaire recristallisé gris, parsemé de petites lentilles allongées un peu plus foncées ; en lame mince : surtout calcite, 3 à 10 % de quartz, quelques paillettes de muscovite ;
5. un banc très mince : 2 à 3 cm de schistes chloriteux,
6. un nouveau banc calcaire identique au précédent,
7. un nouveau banc de schistes chloriteux,
8. le spilite à fond chloriteux, dont j'ai donné ci-dessus l'aspect en lame mince ;
9. à nouveau un banc de schistes chloriteux, après quoi le gazon masque tout.

Si l'on continue à suivre le chemin, on arrive à la grande cascade qui descend sur la Byaisse.

J'ai constaté l'existence sous l'Éocène d'un mélange de bancs calcaires et cristallins. Certains calcaires marmoréens sont lardés de lits de quelques millimètres d'épaisseur de phyllites ; existent en outre des bancs de schistes cristallins plus épais. En présence de la situation sous l'Éocène, l'évocation des calcaires en plaquettes du Briançonnais vient à l'esprit. Mais l'ensemble est nettement plus métamorphique ; il s'agit d'un aspect de métamorphisme net d'une formation à laquelle il paraît vraiment difficile d'attribuer un âge autre que « mésozoïque » en général. Le surplomb ne m'a pas permis d'en évaluer la puissance, mais elle atteint au moins quelques mètres. Le contact avec l'Éocène se présente ainsi sous une forme différente de celle décrite ci-dessus et qui en est distante à vol d'oiseau de quelques centaines de mètres.

De ces observations, que chacun peut vérifier sans grande peine, il me semble résulter que la conclusion de M. Gignoux et L. Moret d'un métamorphisme dû au spilite ne peut être retenue dans l'ensemble, car le métamorphisme de la série surmontant le spilite n'a rien de commun avec celui que le dit spilite aurait pu provoquer. Il apparaît également trop simple, je le répète, de qualifier de spilites l'ensemble des terrains à teinte verte ou lie de vin observables. Pour ma part, je ne vois pas comment, en présence des faits, on pourrait échapper à la notion d'un métamorphisme post-mésozoïque dans cette boutonnière située en massif autochtone ¹.

Il semble également difficile de faire intervenir dans ce cas un métamorphisme dû à un écrasement intense ; l'ensemble des couches mésozoïques présente une inclinaison faible et est d'appa-

1. J'ajouterais une observation très fragmentaire : un morceau de roche recueilli dans les éboulis du vallon du Tabuc dans le massif du Monestier, en zone autochtone, et qui donnait à l'œil nu l'impression d'un spilite bariolé, a montré en lame mince qu'il était composé essentiellement de calcite avec quelques taches irrégulières de chlorite et de serpentine : c'est encore un calcaire métamorphique.

rence tranquille, sous un Éocène qui ne présente que localement et assez loin du contact de fortes et capricieuses flexions locales.

A mon sens, le problème du métamorphisme du Mésozoïque de Dormillouze reste entier, et ne peut être éclairci que par des observations beaucoup plus complètes que celles auxquelles j'ai été en mesure de procéder.

Un fait est certain, c'est que des bancs ont pris un aspect de schistes chloriteux ou phylliteux tel que, s'ils étaient observés isolément, on les rattacherait *a priori* à du « vieux Cristallin ».

IV. FORMATION CERTAINE AU TEMPS ALPIN DE CALCSCHISTES ET FORMATION PARALLÈLE PROBABLE DE ROCHES DE FACIÈS PLUS PROFOND A ASPECT « VIEUX CRISTALLIN » DANS DES ÉCAILLES DE LA ZONE DU GONDRAU¹. — a) *Écaille du Rosier*, située dans la vallée de la Clarée; elle a été découverte par Pussenot, auquel on doit tant de trouvailles intéressantes dans la région.

J'ai dû revenir cinq fois sur ce terrain, où l'observation est gênée par la végétation et les éboulis, avant d'arriver au total d'observations que je vais indiquer et que je pense être encore incomplètes, malgré la faible puissance de l'écaille.

Celle-ci est surmontée par les falaises situées sous l'arête qui descend de Tête Noire. Dans ces falaises triasiques, qui contiennent un lit de cargneules, existent des bancs de marbres, par endroits légèrement colorés en rose ou en vert par des traînées de séricite. La carte géologique fait débiter l'écaille par un coin de J₅ coupé en biseau; en réalité, il s'agit d'un banc de calcaire marmoréen rosé dont j'ai pu suivre la continuité en concordance sous le Trias tout le long de l'écaille. En dessous, un autre banc calcaire montre au microscope des traînées parallèles de chlorite et séricite. En dessous encore, vient la partie cristalline proprement dite, constituée en réalité, malgré sa faible épaisseur, une vingtaine de mètres environ, par des roches assez diverses, chloritoschistes, séricitoschistes, une roche avec « feldspaths altérés, quartz, hornblende en cristaux allongés, taches de calcite et chlorite, etc... ». Le Cristallin proprement dit se termine par une roche à beaux plis réguliers fortement ondulés ne donnant donc aucune impression d'écrasement, contrairement à certaines de celles qui la surmontent.

Tout le bas de l'écaille est faite de bancs, les uns paraissant purement calcaires, les autres minces purement en schistes cristallins, d'autres enfin à allure de calcschistes avec quartz, calcite, séricite, le tout en alternance assez rapide. Un gros banc de calcaire massif est traversé par un lit de quelques centimètres de schistes cristallins. Ailleurs, un banc montre l'alternance de lits réguliers de quelques millimètres de phyllites et quartz d'une part et de calcite d'autre part, soit une roche identique à celle que j'ai trouvée à Réotier.

Au microscope, on constate que les bancs les plus cristallins, qui ne font pratiquement pas effervescence aux acides, contiennent en réalité de petites

1. J'utilise le terme : écaïlles de la zone du Gondrau dû à M. Lemoine qui me paraît plus juste que celui de lambeaux avant-coureurs de la zone des Schistes lustrés correspondant aux conceptions de P. Termier et W. Killan.

quantités de calcite, et que dans les bancs calcaires existent des trainées de séricite. Pas de Carbonifère ou de Permien visibles reconnaissables, mais, au total, des roches cristallines bordées de chaque côté par ce qui me paraît être du Mésozoïque indubitable, plus ou moins transformé en calcschistes et contenant des bancs minces de micaschistes, sans aucune hypothèse possible d'injection mécanique en présence de la mineur de certains lits schisteux et de la continuité pétrographique.

Avant d'émettre aucune considération, je décrirai sommairement l'écaille située dans la vallée du Río Secco, juste au-dessus des chalets de bergers et qui est surplombée par le Chaberton ; je l'appellerai médiane pour la distinguer des autres écailles du fond de cette vallée.

b) *Écaille médiane du Río Secco.* Une visite trop rapide à une écaille plus inférieure dans la vallée ne m'a montré que des quartzites micacés à alignements de muscovite.

Par contre, l'écaille médiane est extrêmement complexe et j'y ai fait des découvertes inattendues, au prix d'un certain nombre de visites, effectuées à la suite d'une première observation qui m'avait frappé, à savoir celle de l'existence d'un mince banc de Lias dans le lit du Río ; ce banc a été également remarqué par M. Lemoine (communication verbale). Je ne décrirai que l'essentiel de l'écaille : le croquis très approximatif ci-joint aidera le lecteur à suivre ma description. Je négligerai quelques points secondaires.

Le chemin de Clavières au col du Chaberton sépare l'écaille en deux parties assez distinctes d'aspect, comme nous le verrons ; le Río Secco coule en amont de la région B du croquis, dans un long replat herbeux, puis entaille la partie est de l'écaille le long d'un mince banc liasique très visible dans son lit, s'infléchit brusquement à l'E dans une gorge donnant une bonne coupe, vient buter contre la paroi abrupte du Chaberton et se dirige vers le S, toujours en gorge. Les premiers bancs, situés en E du croquis sur la rive droite du Río, sont surtout calcaires et appartiendraient donc théoriquement au Chaberton, mais, en réalité, la limite entre l'écaille et le Trias du Chaberton n'est pas claire, car dans ces calcaires de la rive droite s'intercale, régulièrement interstratifié, un banc de schistes cristallins verts de 2 m de puissance environ. Des échantillons prélevés dans certains de ces calcaires m'ont en outre montré l'existence de lits phylliteux : en un mot, cette série rappelle le bas de l'écaille du Rosier avec cette différence que le banc de schistes cristallins intercalé a une assez forte puissance.

Plus à l'W, en remontant vers le sentier en suivant le bas de l'écaille, on entre dans le Cristallin, mais à quelques mètres au delà, j'ai observé, dans celui-ci, un banc faisant nettement effervescence aux acides et qui, au microscope, montre des zones schisteuses avec quartz, séricite chlorite, albite, mais aussi des zones de calcite, donc en réalité un calcschiste.

Ces deux observations posent déjà un point d'interrogation. Continuons la description de l'écaille.

La partie A montre de bas en haut, au-dessus du chemin ¹ :

1. une épaisse série de quartzites à galets de quartz rose : verrucano permien ;
2. un banc de 2 m de schistes cristallins ;
3. à nouveau des quartzites avec ou sans galets, certains banes étant nettement séréciteux ;
4. un mince banc de 30 cm de calcaires liasiques bleutés, sans Trias visible intercalé ;
5. schistes cristallins dont certains à lits ondulés de quartz et phyllite ;
6. calcschiste : au microscope, zones micacées séréciteuses et calcite abondante avec un peu de quartz, chlorite et limonite ;
7. schistes cristallins.



FIG. 1. — Croquis de la région de l'écaille médiane du Rio Secco.

Partie B. En allant de l'W à l'E :

1. entre le sentier et le torrent : schistes cristallins venant border, avec contact apparemment tranché, le banc de Lias dans lequel la gorge est entaillée ; une certaine impression de passage et des effervescences locales me conduisent cependant à prélever près du contact un échantillon de Cristallin ; au microscope : quartz, albite, beaucoup de calcite, chlorite, un peu de muscovite, apatite ; c'est un calcschiste ;
2. le banc de Lias bleuté ; au microscope : un échantillon donne calcite avec de la chlorite, généralement spérolitique ;
3. un banc de Trias briançonnais parfaitement reconnaissable, mais de très faible puissance, 1 m environ ;
4. Cristallin.

Les bancs de Lias et Trias traversent le lit du Rio Secco en C du croquis et sont parfaitement visibles dans la falaise presque

1. La carte géologique classe, sans doute du fait des bancs de quartzites situés juste au-dessus du chemin, toute cette partie A en quartzites triasiques et place un contact anormal entre cette zone et le reste de l'écaille, ce qui est certainement inexact : comme le montre déjà le banc de schistes cristallins, mais plus encore la suite de la coupe.

verticale de la rive droite. Mais, dans cette falaise, le Trias contient deux « éclats » obliques de calcaire d'aspect identique au Lias, et surtout le Trias est bordé à l'E, cette fois, non plus par du Cristallin, mais par un Permien à galets de quartz rose parfaitement reconnaissable, dont je n'ai pas retrouvé la trace sur la rive gauche, située pourtant à quelques mètres de distance. Ce Permien est identique d'aspect à celui de la partie A, mais, contrairement à lui, fait nettement effervescence aux acides.

En continuant vers l'E, rive droite, on constate l'alternance suivante : Permien, 50 cm de schistes cristallins, 25 cm de Permien, 2 m de Cristallin, à nouveau Permien, enfin Cristallin (tous les chiffres sont approximatifs).

Un peu plus loin, dans le Cristallin, j'ai remarqué des bancs étroits, comportant des lits de calcaires et de micas, type Rosier.

J'ai observé d'autre part par temps de pluie, sur une surface polie presque verticale de la rive gauche du torrent, malheureusement difficilement accessible, une bande bleue bordée de Cristallin vert évoquant la bande de Lias de l'entrée de la gorge. Une épreuve à l'acide a donné une très violente effervescence.

La fréquence de ce mélange de calcaires, calcschistes, Cristallin me conduisit à faire une exploration sommaire à l'acide de roches d'allure très cristalline, assez massives, à coloration bleu vert foncé ou bleu noir, et à prélever des échantillons.

Je citerai trois résultats :

1. une enclave bleu foncé à l'intérieur d'une roche verte a donné au microscope : calcite, épidote, glaucophane, albite, quartz, chlorite ; on peut la qualifier de glaucophanite à épidote ;
2. une roche d'apparence relativement massive, aspect Cristallin ancien, montre au microscope une alternance de lits de calcite et de lits de chloritoschistes avec séricite ; c'est un chloritocalcschiste ;
3. une roche assez massive vert noir, avec quelques lits micacés, se montre composée de quartz, plagioclases, biotite, muscovite, chlorite, calcite, épidote, leucoxène et de petits grenats dans un lit chloriteux.

Ainsi nous constatons la présence à nouveau de calcschistes chloriteux, mais, en outre, de roches considérées comme correspondant à une zone plus profonde de métamorphisme et qui contiennent des minéraux calciques : calcite, épidote, grenats ; la présence de ces minéraux calciques dans une zone où existent des bancs calcaires et des calcschistes est-elle une simple coïncidence ?

Il ne m'apparaît pas anormal que, dans le métamorphisme corrélatif à un écrasement intense, puissent apparaître dans certains terrains des minéraux à concentrations en oxygène relativement élevées, tels qu'amphiboles, biotite, et plus encore épidote et

grenats, tout à côté de roches épimétamorphiques, quoique les dits minéraux soient généralement considérés comme caractéristiques de zones plus profondes.

On peut être ainsi amené à se demander si une partie au moins du Cristallin visible ne résulte pas d'un métamorphisme de bancs alternés parmi lesquels étaient des bancs de calcaires mésozoïques, métamorphisme accompagné d'échanges entre terrains et plus accentué dans la partie centrale de la coupe de l'écaille qu'aux deux extrémités.

Ceci n'est pas contradictoire avec l'existence dans de telles écailles de Cristallin ancien, existence envisagée par M. Lemoine [1951]. Il est aussi possible que certaines roches résultent d'une interaction au temps alpin entre Cristallin ancien et Mésozoïque, mais il m'est, personnellement, difficile d'admettre, je l'avoue, la coïncidence de l'existence dans l'écaille de roches calciques métamorphiques mésozoïques d'une part, et d'autre part de Cristallin ancien, précisément lui-même nettement calcique et à cristallisation fraîche, dans une série certainement très laminée.

Le métamorphisme aurait atteint une série d'anticlinaux et de synclinaux très fortement étirés et laminés, comme semble le montrer l'épaisseur extrêmement réduite du Lias et plus encore du Trias briançonnais reconnaissables. De là une certaine similitude avec la zone des Schistes lustrés, mais qui ne me semble pas autoriser à conclure, comme l'avaient fait P. Termier et W. Kilian, à une appartenance à cette zone (le calcschiste de Réotier en particulier ne provient certes pas de la nappe des Schistes lustrés). Je ne ferai aucune autre allusion aux conclusions tectoniques possibles : celles-ci ne peuvent découler que d'une étude d'ensemble de la région et des diverses écailles, telles que celle à laquelle procède M. Lemoine ; comme il l'a mis en évidence de façon plus générale, les deux écailles que j'ai étudiées ne montrent aucun Carbonifère reconnaissable ; dans celle du Rosier, je n'ai même pu voir, entre le Cristallin et les calcaires mésozoïques métamorphiques, ni Permien, ni quartzites triasiques apparents. Je répète simplement qu'il m'apparaît probable que des bancs cristallins proviennent du métamorphisme de terrains briançonnais devenus méconnaissables.

Autre observation dans le même sens : dans l'écaille du Rio Secco située en amont de celle que j'ai décrite, j'ai vu, sous le Permien classique quartzeux à petits galets de quartz rose, de véritables micaschistes assez largement cristallisés dont certains contiennent des galets de quartz rose identiques d'aspect à ceux du Permien. Est-ce là encore une coïncidence ? Peut-on faire

L'hypothèse que certains bancs du Permien, sans doute de par leur composition initiale ou leur déformation plus grande, ont subi un métamorphisme nettement plus accentué ? De même que certains lits intercalés dans les calcaires du Rosier et du Rio Secco se sont eux-mêmes transformés en schistes phylliteux.

Une observation, entre autres, met bien en évidence cette différence d'aptitude au métamorphisme : dans le banc de sérícito-schistes que recoupe le sentier qui longe la rive droite de la Cerveyrette en amont de Cervières, au bas de la série du Bois des Banes, existent quelques gros galets roulés d'un calcaire gris bleu qui sont restés indemnes et sans recristallisation apparente : ce calcaire est seulement assez riche en quartz. Plus haut dans la série, d'autres calcaires sont fortement séríciteux et chloriteux : leur métamorphisme est visible à l'œil nu.

Nous retrouvons encore une fois la tache d'huile de P. Termier, c'est-à-dire la faculté plus grande de certains terrains d'une série lithologique à se transformer.

CONCLUSIONS. — Il me semble que les constatations que j'ai faites sont en accord avec les conceptions sur le métamorphisme que j'ai résumées au début de cette note. Je dirai même franchement qu'elles tendent à m'entraîner à pousser ces conceptions plus loin que je ne le pensais, dans le sens en particulier de l'importance de la tache d'huile, de l'influence de l'écrasement et de la possibilité de métamorphisme du Mésozoïque conduisant jusqu'à des roches d'aspect vieux Cristallin, faits dont on ne peut se rendre vraiment compte que dans des régions à métamorphisme commençant. Cela peut paraître, en particulier, une conception très hardie que de penser qu'une série de terrains mésozoïque et permien, incluant ou non du Cristallin ancien, a pu se transformer au moins partiellement à la faveur d'un laminage extrêmement intense, de telle sorte qu'il n'en subsiste plus que quelques terrains datables, moins aptes à transformer que d'autres, et que des calcschistes, des micaschistes et même des glaucophanites à epidote, etc... ont pu prendre naissance. Ceci peut paraître d'autant plus hardi que des séries de faciès antérieurs proches, sans doute analogues, sont à peine métamorphiques et parfaitement reconnaissables. Et, cependant, les faits précis observés m'incitent à ne pas repousser cette conception, voire même à la considérer comme probable, en présence de constatations pétrographiques et de la continuité calcique.

Il me semble, en tout cas, que le problème devait être posé,

ce que je viens de faire, comme je pose également le problème du métamorphisme du Mésozoïque de Dormillouze en zone autochtone.

Le tout mérite des études nouvelles : celles-ci m'apparaissent comme de grand intérêt au double point de vue des conceptions sur le métamorphisme et de l'histoire de la chaîne alpine.

BIBLIOGRAPHIE

- DEMAI A. (1942). — Microtectonique et tectonique profonde. *Mém. Expl. Carte géol. France*.
- GIGNOUX M. et MORET L. (1931). — Sur la géologie de la région de Dormillouze (Hautes-Alpes) entre le Pelvoux et l'Embrunais. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 245.
- LEMOINE M. (1951). — Données nouvelles sur la géologie du Briançonnais oriental et sur le problème de la 4^e écaille, *B. S. G. F.*, (6), I, p. 191-205.
- RAMBERG H. (1952). — The origin of metamorphic and metasomatic Rocks, The University of Chicago Press.
-

LES ÉCAILLES DE MACINAGGIO (CORSE)

PAR Jean Laporte ¹.

Sommaire. — A Macinaggio, au NE du cap Corse, l'histoire géologique a été différente de celle du bassin de Saint-Florent et de la Balagne. Les écaillages qui affectent ces terrains se sont effectués vers le S. De plus, on y apprend que les micaschistes de Centuri, appartenant au métamorphisme des Schistes lustrés bastiais, sont antérieurs à la fin du Crétacé.

Il existe aux alentours de Macinaggio, à l'extrémité orientale du cap Corse, des affleurements restreints de terrains sédimentaires qui se distinguent des Schistes lustrés sous-jacents par l'absence de métamorphisme.

I. COMPOSITION. — Les affleurements de ces sédiments constituent 3 lambeaux isolés I, II, III, alignés du N au S le long du rivage et auxquels s'ajoutent les îles de Macinaggio (di Terro, di Mezzo, Finachiarolla).

Dans cet ensemble, on reconnaît une succession stratigraphique assez constante, qui se présente comme suit, de bas en haut :

1^o Des *mylonites* (roches écrasées). Les différents auteurs les ont regardées comme granitiques. Elles ont une patine ocre jaune, avec, dans les parties les plus broyées, des passages vert clair.

Au microscope, 2 parts sont à faire : l'une cristallisée, l'autre micro-ou cryptocristalline. Parmi les cristaux, se distinguent surtout des quartz anhédrux (xénomorphes) étirés selon la linéation générale, brisés perpendiculairement à ces lignes de force et à extinction roulante.

On voit aussi des aggrégats de calcite, allongés en baguettes sans agencement régulier. Il s'agit de filonnets secondaires recoupant les directions générales.

Mais la majeure partie de la roche consiste en éléments microcristallins à disposition linéaire où l'on reconnaît : des microcristaux de quartz, de calcite, d'ankérite (tendant vers une ferrodolomie), ces derniers en petits rhomboèdres subhédraux fortement réfringents et d'une couleur brun jaune. Enfin, quelques cristaux d'oxydes de fer.

Dans les parties les plus broyées de ces mylonites, j'ai noté des passages vert clair irréguliers, dont M^{lle} S. Caillère a eu l'obligeance de m'analyser un échantillon. Un diagramme de rayons X effectué sur le résidu résultant de l'attaque acide met en évidence une raie de 7 Å très marquée et une raie floue à 10 Å. On peut conclure que dans ces zones, le calcaire contient des

1. Note présentée à la séance du 1^{er} février 1954.

27 octobre 1954.

Bull. Soc. Géol. Fr. (6), IV. — 6

phyllites vertes, dont la coloration est due au nickel. On est en présence d'un mélange où le constituant principal est une antigorite nickélique. Ce produit vient vraisemblablement des terrains sous-jacents (Schistes lustrés et Roches vertes) par une circulation d'eau le long de diaclases.

Ainsi, cette cataclase n'engendre pas de phénomènes extraordinaires. On est en présence d'une mylonite calcaréo-dolomitique, résultat normal du broyage de roches sédimentaires. Aucun matériel ne correspond ici à un lambeau de granite qui aurait été arraché à un socle quelconque.

On remarquera l'extension respective des mylonites dans les 3 lambeaux.

2° Des *calcaires*. Bien visibles, ils reposent directement sur les brèches tectoniques.

C'est une roche gris beige à bleue sur cassure fraîche, massive, le plus souvent dolomitique.

En préparation, la plus grande partie est amorphe avec des impuretés argileuses. Certaines régions montrent des petits aggrégats transparents de microcristaux de calcite détritique. Ils sont arrondis grossièrement et leurs dimensions varient de 0,4 à 0,6 mm pour les plus gros à 0,05 mm pour les plus fins.

Les lits supérieurs des calcaires montrent (ancienne carrière de la Coscia) des *lapiès* se manifestant près de la surface par des ciselures nombreuses, différemment orientées, par des poches remplies du flysch sus-jacent, tandis que les zones superficielles se creusent de cannelures irrégulières et molles.

Ces phénomènes sont importants. Ce sont, en effet, les traces d'une émergence qui s'est prolongée depuis le dépôt calcaire jusqu'à la transgression qui apporta le flysch crétacé-éocène.

3° Le *flysch*. Trois termes sont à distinguer : a) flysch grésoschisteux ; b) arkose ; c) brèche des îles.

a) Le *flysch grésoschisteux* repose directement sur les calcaires. Ce faciès est toujours intéressant par les faits de structure mineure qu'il présente, notamment des plis secondaires (drag folds) et des ripple-marks, ceci nous portant à croire que les dépôts étaient néritiques, même littoraux. On y note encore du « grain gradation », qui nous a aidé à déterminer la position exacte de ces grès schisteux dans la stratigraphie envisagée.

b) Les *arkoses* sont grossières sans stratification nette, tranchant par leur teinte claire sur le fond gris noir des grès schisteux sous-jacents.

c) Les *brèches* constituent un passage latéral des arkoses. En effet, dans le lambeau septentrional, on observe sur les grès schisteux, soit les arkoses, soit les brèches polygéniques. De plus, leur ciment est arkosique. On retrouve comme éléments incorporés dans les brèches la plupart des terrains antérieurs, tant des zones

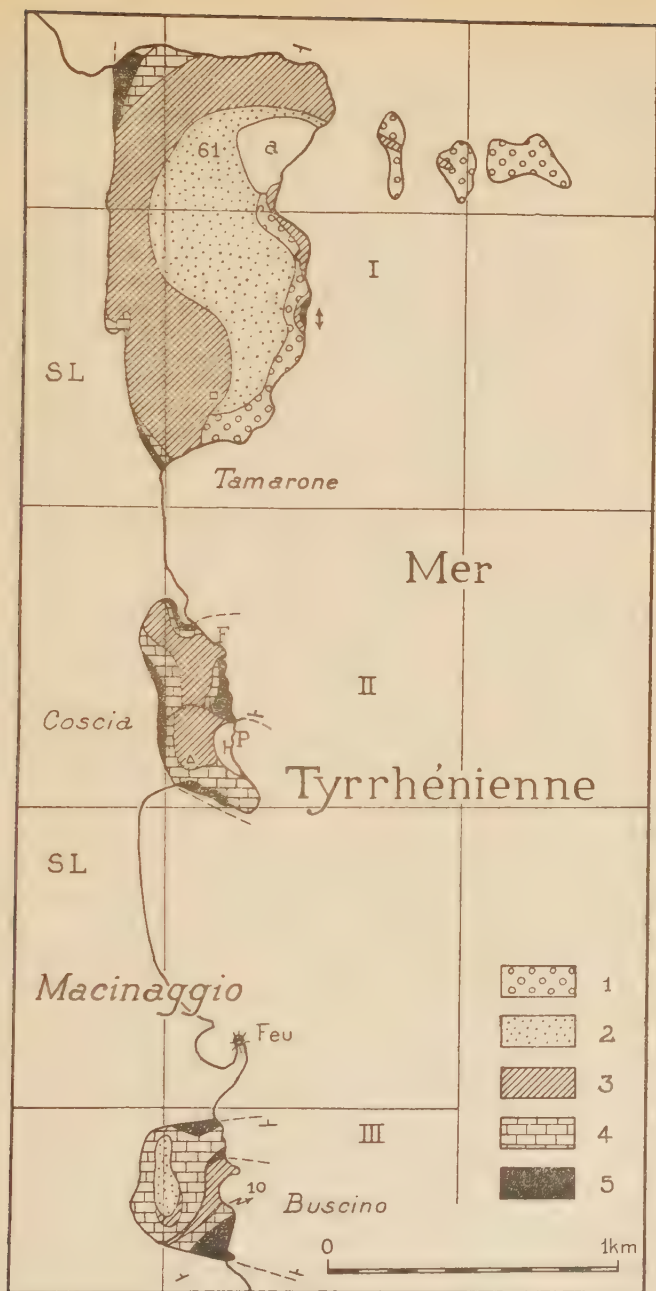


FIG. 1. — Les écaïles de Macinaggio.

1 : brèche des îles ; 2 : arkose du flysch ; 3 : flysch grés-schisteux à Rosalines ; 4 : calcaire liasique ; 5 : mylonites ; SL : terrains métamorphiques des Schistes lustrés ; a : alluvions ; P : Pléistocène.

charriées elles-mêmes, que du socle sur lequel ces roches se déposaient. Les blocs ont des contours anguleux et leur taille atteint facilement 30 cm, parfois même davantage.

Le type de fragment le plus intéressant appartient à une roche affleurant largement le long du rivage au N de Centuri.

On en rencontre de gros blocs, assez nombreux. La texture est holocristalline. En lame mince s'alignent des bandes de quartz, les uns assez gros et phacoïdes, les autres à extinction roulante formant comme un réticule. On note ensuite 30 % environ de muscovite en lambeaux déchiquetés et allongés montrant des hautes teintes d'interférence. Elle a un vert très pâle en lumière naturelle avec un pléochroïsme à peine sensible. Il est normal de retrouver ici la muscovite très fréquente dans les gneiss et les schistes métamorphiques.

En conséquence, cette description ne saurait s'appliquer à une « euphotide schisteuse » ; le terme micaschiste me semble plus approprié pour l'instant.

4° *Le Pléistocène*. Il est représenté par un banc de molasse discordant appuyé sur les terrains précédents.

II. TECTONIQUE. — 1° Évidence du *contact tectonique* des terrains sédimentaires de Macinaggio sur leur socle métamorphique.

a) Les directions sont différentes respectivement dans les Schistes lustrés et les sédiments surincombants. Examinons, par exemple dans le lambeau III (Buscino), le contact sud avec les schistes : les Schistes lustrés (Ita) ont une direction de 55° et un pendage nord-ouest ; quant aux sédiments, ils sont dirigés à 110° avec pendage nord-est.

b) De plus, la présence de mylonites, même calcaréo-dolomitiques, indique des phénomènes dynamiques.

2° *Plusieurs écailles* forment ces lambeaux. Il y en a 2 dans le lambeau III et 2 dans le lambeau II ; le lambeau nord paraît moins bouleversé. Les différentes petites failles de charriage se repèrent assez facilement, et par l'apport de terrains plus anciens sur des plus récents, et par la présence de mylonites.

3° La *direction générale* dans les sédiments oscille autour d'une ligne E-W, tandis que les pendages varient tantôt au N, tantôt au S.

4° Les *terrains les plus anciens*, c'est-à-dire les calcaires gris bleu, les mylonites, sont *plus développés au S*.

Ceci, s'alliant à la constatation des directions E-W, implique une *poussée venant du N*, mais sans que le phénomène revête une importance extraordinaire, puisque des terrains sous-jacents sont incorporés dans la brèche des îles. Disons que ces écailles sont parautochtones.

5° *D'autres accidents* ont succédé à cette poussée primordiale.

Ils ont provoqué d'E en W des plissements orthogonaux. On peut en juger par la disposition des klippes possédant une faible concavité tournée vers le haut, qui fait apparaître latéralement, à l'E et à l'W de chaque lambeau, les mêmes terrains. Par ailleurs, des plis secondaires sont dirigés N-S dans les grès schisteux très plissotés des rivages est et nord du lambeau I.

Tout ceci indique une déformation d'amplitude plus faible que la première. Elle correspond au soulèvement général récent de la partie occidentale du cap Corse, dont le paysage très tourmenté est sensiblement en opposition avec le relief moins accentué du rivage tyrrhénien.

III. AGE RELATIF DES SÉDIMENTS. — A plusieurs reprises, on a rapproché les terrains de Macinaggio de ceux du bassin de Saint-Florent et de la Balagne. En me basant sur ces divers travaux antérieurs et sur mes propres observations, je pense que les mylonites de Macinaggio représentent le faciès écrasé des cargneules triasiques ; au-dessus reposerait le calcaire hettangien.

L'absence de fossiles dans ces deux formations limite l'interprétation du géologue à des comparaisons de faciès.

Mais la transgression qui s'effectua sur les calcaires liasiques a pu être datée par la découverte très intéressante que fit Collet [1939] de sections de Rosalines dans les grès schisteux du flysch. « L'une d'elles, écrit-il, est une forme intermédiaire entre *R. apenninica* et *R. linnei* (REUTZ). La partie inférieure du flysch de la Coscia appartient donc au Crétacé supérieur. »

Ainsi, à Macinaggio, il y a une lacune stratigraphique s'étendant du Lias supérieur au Tithonique inclus, tandis qu'à Saint-Florent la sédimentation continuait, puisqu'on y a reconnu la présence de Sinémurien [Gindrat, 1942 ; Ricour, 1949] du Dogger et de l'Oxfordien [Gindrat, 1942] ainsi que du Jurassique supérieur à Calpionelles.

Nous précisons que cette lacune correspond ici à une période d'émersion pendant le Dogger et le Malm et à l'établissement d'un karst avant le retour de la mer crétacée.

De plus, on n'observe pas à Macinaggio l'épanchement de dolérites comme dans le Nebbio et dans la Balagne, où il s'est précisément produit au Tithonique d'après les observations de P. Termier [1928] et A. Pilger [1939]. Dans les calcaires blancs et roses associés aux dolérites, P. Termier précise que M. Raguin a constaté au microscope la présence de *Calpionella alpina*, « identique à celle qui abonde dans la Majolica », M. P. Routhier, qui avait précédemment vérifié ce point important dans la région de

San Colombano, a bien voulu nous montrer, à M. Pruvost et à moi-même, les coupes les plus démonstratives au cours de l'été de 1953.

Donc, dans ces régions, la sédimentation n'avait pas été interrompue. Ainsi, le N de la Corse, vers Macinaggio, a eu au Jurassique supérieur une histoire nettement différente de celle du Nebbio ou de la Balagne puisqu'elle était émergée au moment où les écoulements sous-marins de roches vertes s'effectuaient plus au S.

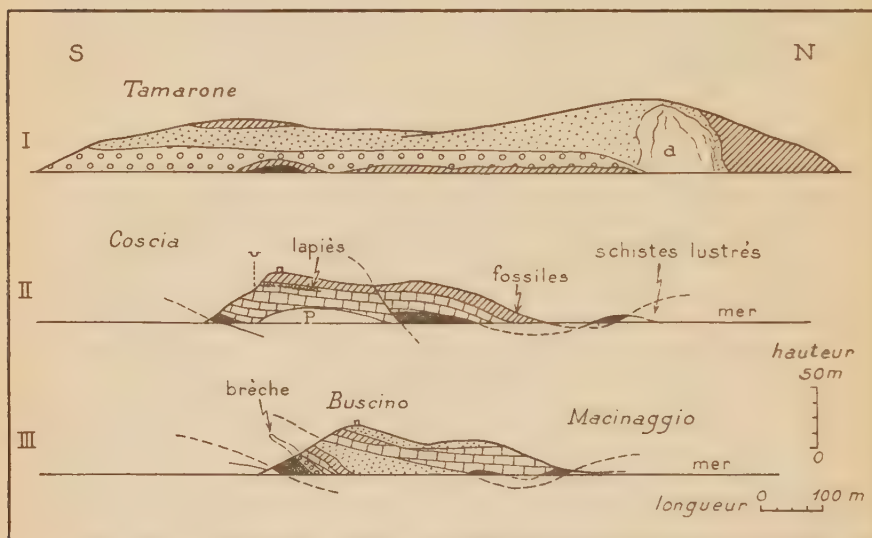


FIG. 2. — Coupes des écaïlles de Macinaggio, même légende que la figure 1.

Enfin, nous avons vu que la brèche de Tamarone contenait en abondance des blocs repris des gneiss de Centuri appartenant au métamorphisme des Schistes lustrés bastiais. Or, cette brèche passant latéralement aux arkoses situées immédiatement sur le flysch à Rosalines est comme celui-ci d'âge crétacé.

Il en résulte que le dépôt et le métamorphisme des micaschistes de Centuri et des schistes bastiais sont antérieurs à la fin du Crétacé.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

- COLLET L. W., LILLIE A. et GINDRAT H. (1939). — Sur la présence du Crétacé supérieur dans la klippe de Macinaggio. *C. R. Soc. Phys., Hist. nat. Genève*, vol. 56, n° 2, p. 73.
- DENIZOT G. (1943). — Sur la stratigraphie de Saint-Florent. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 35.
- (1952). — La structure géologique de la Corse. *Rev. scientifique*, n° 3316, fasc. 2, p. 104-119.
- GINDRAT H. (1942). — Les écailles de Saint-Florent. Thèse. *Arch. Soc. Sc. Phys., Hist. nat. Genève*, 5, XXIV.
- JODOU P. (1931). — Age des roches à Radiolaires de la nappe ophiolitique dans le NW de la Corse. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 177-179.
- MAURY E. (1933). — Considérations et Observations générales sur la réunion en Corse de la S. G. F., *B. S. G. F.*, (5), III, p. 799.
- PILGER A. (1939). — Der alpine Deckenbau Korsikas und seine Granit-Intrusionen. *Abh. Ges. Wiss. Göttingen. Math. phys. Kl.*, Bd III, p. 19.
- RIBOUR J. (1949). — Présence de calcaires à Gryphées au Mont de Tuda près de Saint-Florent. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 171.
- RÉUNION EXTRAORDINAIRE DE LA S. G. F. EN CORSE (1933). — *B. S. G. F.*, (5), III, p. 727.
- TERMIER P. et MAURY E. (1928). — Nouvelles observations géologiques dans la Corse orientale. *C. R. Ac. Sc.*, t. 186, p. 1077.
-

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DU QUATERNAIRE ANCIEN DES ENVIRONS DE TÉNÈS ET CHERCHEL (ALGÉRIE)

PAR **Marcel Gigout** ¹.

Sommaire. — Une étude des plates-formes d'abrasion marine déjà connues entre Ténès et Tipasa permet de distinguer dans le Tyrrhénien deux épisodes transgressifs. Le niveau inférieur, dont le pied de falaise apparaît régulièrement entre 5 et 10 m, est l'homologue de l'Ouljien décrit par l'auteur au Maroc atlantique. Ce secteur de côtes semble avoir été stable au Quaternaire, sauf la région de Tipasa où l'affaissement du Quaternaire ancien (Calabrien probable) se serait continué au Quaternaire récent.

Les observations relatives au Quaternaire marin qui sont consignées dans cette note ont été réunies en quelques jours, par conséquent de façon un peu rapide ; elles portent essentiellement sur la morphologie et la stratigraphie, à l'exclusion de la paléontologie qui eût demandé plus de temps. Elles s'inscrivent à la suite de celles de A. Brives [1897], M. de Lamothe [1911], L. Glangeaud [1932] etc.

*
* *

Nous suivrons un ordre géographique, allant de l'W vers l'E. On sait que le plateau calabrien déformé qui joue un rôle si important dans les régions d'Oran [Gourinard, 1952, p. 11] et de Mostaganem (Laffitte, comm. orale) s'interrompt au cap Kramis ; il est alors disposé avec une pente douce vers la mer.

Entre El Marsa et le cap situé à 4 km NNE, une plate-forme d'abrasion quaternaire, étroite et mal dégagée, supporte d'épaisses dunes consolidées. Au cap, un large glacis peu incliné est lui aussi recouvert d'un placage de dunes consolidées ; ce sont des conditions peu favorables à l'analyse du Quaternaire marin.

A Pointe Rouge (fig. 1 A) et sur 1 km à l'W de cette localité, on voit une surface d'abrasion quaternaire située à une quinzaine de mètres au-dessus de la mer dans la falaise vive et s'élevant doucement vers l'intérieur ; sa limite dans cette direction, qui seule pourrait nous renseigner sur le maximum atteint par la mer qui l'a sculptée, n'est pas visible en affleurements dans les ravins,

1. Note présentée à la séance du 15 mars 1954.

parce qu'un épais talus de conglomérats de pentes se développe au-dessus ; des reliefs de 600 m sont à 3 km du rivage.

Entre Maïnis et le cap Noir on distingue aisément deux plates-formes d'abrasion emboîtées (fig. 1 B) : p. ex. en $370,7 \times 356,8$ (km 210,5), la route passe à la rupture de pente qui limite vers l'intérieur la surface supérieure, à une altitude de 40 m environ. Mais elle se trouve sur un talus de limons continentaux, tandis que la plate-forme d'abrasion elle-même, supportant quelques décimètres de lumachelle conglomératique à Pectoncles et autres fossiles marins littoraux, se termine dans les fonds de ravins vers $+ 30$ m (cote prise sur le 50 000^e). Au bord de la mer, contre une falaise morte inférieure creusée dans le substratum schisteux, est adossée une autre lumachelle, avec des coquilles entières dans son conglomérat de base : Balanes, Patelles etc. Cette lumachelle inférieure ne dépasse pas la cote $+ 5$. Je n'ai pas pris le temps de faire des récoltes abondantes de coquilles, bien que l'endroit paraisse favorable.

De là vers Maïnis, la lumachelle inférieure se poursuit, recouverte par endroits de dunes consolidées. A l'opposé, en $371,4 \times 357,2$, soit à 200 m NE de l'embouchure de l'Oued el Kseub, on voit encore la falaise morte inférieure, dans les schistes, contre laquelle sont plaqués à la base et jusqu'à 2 m au-dessus de la mer un conglomérat à coquilles marines, au-dessus une brèche continentale consolidée et encroûtée.

La terrasse marine inférieure existe donc sur 4 km ; la plate-forme d'abrasion supérieure se poursuit seule vers l'E, manifestement parce que la mer a rongé et dépassé la falaise morte inférieure. Au cap Noir une dune consolidée d'une dizaine de mètres de puissance maxima est posée sur la plate-forme supérieure, et, dans le chaos de la falaise vive, des éboulis cimentés par des brèches rouges paraissent bien être des reliques de la falaise morte inférieure.

Du cap Noir à la sortie de Ténès, on identifie sans peine la plate-forme d'abrasion supérieure. La route passe à la rupture de pente qui la limite vers l'intérieur ; elle est souvent sur le substratum, vers $+ 40$ m. Dans la falaise vive, on voit une lumachelle à Pectoncles et des grès calcaires, sur 2 à 3 m d'épaisseur, suspendus à $+ 15$ m environ. Par conséquent cette plate-forme d'abrasion supérieure, recouverte d'un mince placage de sédiments marins, s'élève en pente douce vers le continent et est conservée de $+ 15$ m à son maximum voisin de $+ 30$ m.

La ville nouvelle de Ténès est construite sur une plate-forme d'abrasion remarquable et bien connue [Glangeaud, 1932, p. 372,

fig. 62], recouverte d'un manteau de grès calcaire et conglomérats à une altitude voisine de 50 m : il s'agit vraisemblablement de Quaternaire plus ancien que les terrasses qui viennent d'être décrites à l'W de Ténès.

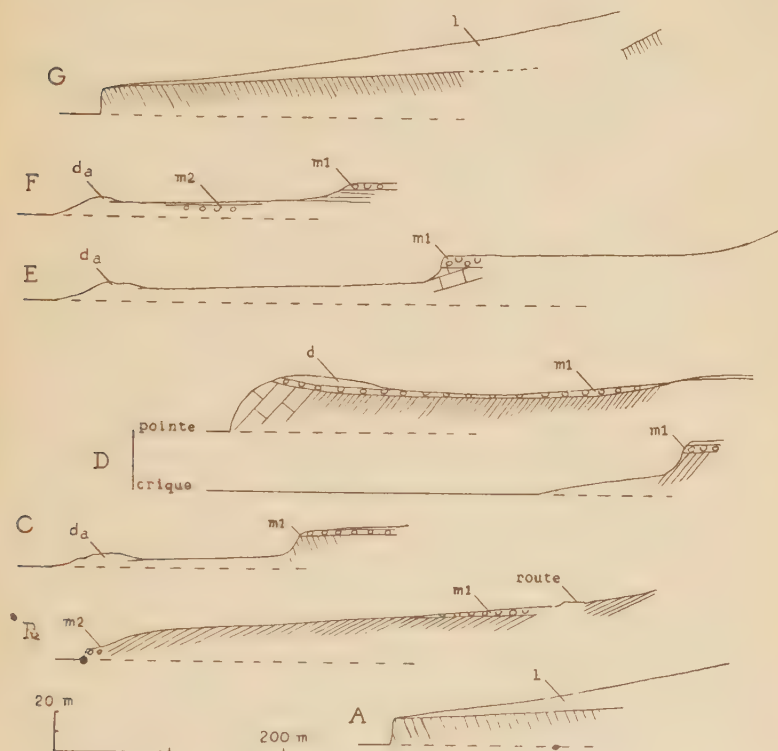


FIG. 1. — Coupes.

A : à Pointe Rouge ; B : entre Maïnès et le cap Noir ; C : sortie est de Francis-Garnier ; D : Sidi Brahim el Kronas ; E : à 5 km E de Gouraya ; F : entre Novi et Cherchel, en 451 × 366 ; G : au pied nord du Jebel Chenoua.

m1 : Quaternaire marin, plage à ± 30 ; d : dunes consolidées quaternaires ; m2 : Quaternaire marin, plage à $\pm 5-8$ m ; l : limons quaternaires ; da : dunes actuelles.

À l'E du cap Ténès, entre le kef Arend et la baie de Terarenia la paroi rocheuse de calcaire massif tombe presque verticalement dans la mer ; à son pied sont cependant conservés des fragments d'une plate-forme d'abrasion à 5-8 m, sur laquelle on trouve quelques rares coquilles marines dans des anfractuosités ; il existe juste au-dessus de la plate-forme des restes d'une brèche avec Escargots.

A la sortie est de Francis-Garnier (fig. 1 C) une plate-forme recouverte de graviers, galets et blocs roulés est taillée du côté de la mer, vers + 20 m, par une falaise morte ; à son pied, une basse plaine littorale cultivée, à quelques mètres seulement au-dessus de la mer dont elle est séparée par un petit cordon de dunes actuelles ; les sédiments qui forment la basse plaine ne m'ont paru comporter ni lumachelle ni croûte ; d'ailleurs la plage actuelle est faite de sables siliceux et de galets gréseux ; on n'y trouve pas de coquilles conservées sur la grève ; il est raisonnable de penser qu'il n'y en avait pas davantage au Quaternaire récent, probablement parce que la région n'est pas assez riche en carbonate de chaux.

Entre Francis-Garnier et Dupleix, la côte est acore ; on retrouve à Dupleix la même disposition de deux plates-formes d'abrasion emboîtées, sensiblement aux mêmes altitudes, mais sans dépôts coquilliers. De même à Villebourg, mais la plate-forme supérieure y est moins nette.

A Sidi Brahim el Krouas (4 km W de Gouraya) une surface d'abrasion irrégulière est suspendue entre 15 et 30 m (fig. 1 D) ; elle tranche au S des schistes, au N une roche calcaire compacte à fort pendage nord ; elle supporte des grès calcaires, lumachelles très conglomératiques et dunes consolidées. Dans le fond des criques sont conservés des fragments de falaise morte inférieure ce qui prouve que le rivage de la mer quaternaire qui battait cette falaise avait un tracé voisin, dans le détail, de l'actuel.

Sous Gouraya et de part et d'autre, la plate-forme d'abrasion de 30 m maximum est bien visible. Puis à l'E de Gouraya (fig. 1 E), la route descend sur une basse plaine littorale, qu'elle suit de 3,8 à 6 km de cette localité. M. de Lamothe [1911, p. 194] a remarqué que le 50 000^e (feuille de Gouraya) était faux ; il l'est toujours, et on se trouve de toute évidence à quelques mètres seulement au-dessus de la mer, séparé d'elle par des dunes actuelles peu importantes. La basse plaine atteint une largeur de 200 à 300 m ; je n'ai pas pu recueillir de renseignements sur les dépôts qui la constituent, mais L. Glangeaud [1932, p. 369] y a remarqué des poudingues. Elle s'arrête vers l'intérieur au pied d'une falaise fossile bien conservée, haute de 5 à 10 m selon les points ; cet élément du relief est porté sur le 50 000^e, mais à une altitude incorrecte. Les roches dans lesquelles cette falaise est creusée sont d'une part un substratum anté-quaternaire rocheux et plissé, d'autre part une table de lumachelle conglomératique à Pectoncles qui atteint une épaisseur de 3-4 m. Au-dessus de la falaise morte inférieure se développe une plate-forme supérieure, large elle

aussi de quelques centaines de mètres, et qui est limitée vers l'intérieur par une rupture de pente nette vers + 30 à 40 m.

Deux km environ à l'W de Fontaine-du-Génie on voit réapparaître une terrasse quaternaire, faite d'une plate-forme d'abrasion recouverte d'épais dépôts de pentes de la montagne proche. Elle est d'abord disséquée par les criques de la mer actuelle et des ravins. A la pointe des Oliviers, près de Novi, la plate-forme d'abrasion va en pente douce de un peu moins de 10 m sur la mer à + 30 m où le relief subit un brusque relèvement contre une colline isolée ; la route passe à la rupture de pente.

A la sortie ouest de Novi, sur la rive gauche de l'Oued Sidi Rhilès, la tranchée de la route montre à l'évidence la plate-forme d'abrasion arasant à + 20 m des bancs schisto-gréseux verticaux ; les dépôts quaternaires sont à la base des conglomérats avec quelques galets calcaires perforés, des grès calcaires et au-dessus des formations continentales ; le tout est peu épais (quelques mètres). Il va sans dire que ce renseignement ponctuel ne nous éclaire pas sur l'altitude maxima atteinte par cet épisode marin.

Entre Novi et Cherchel, plus exactement entre les points 451×366 et $451,7 \times 366,5$ (fig. 1 F), la terrasse que nous suivons depuis Fontaine-du-Génie est entaillée du côté de la mer par une pente au bas de laquelle se trouve une plate-forme inférieure, à quelques mètres seulement au-dessus de la mer, et dont la largeur atteint 200 m. Le défonçage des champs sur la plate-forme inférieure a fait sortir un grès calcaire à grain fin contenant quelques graviers et galets ; la pente est d'argiles, supportant un grès calcaire conglomératique. Au total, on a ici deux plages emboîtées séparées par une petite falaise morte en terrain argileux.

La plate-forme d'abrasion supérieure se poursuit sous Cherchel où elle supporte des galets et cailloutis ; je n'y ai pas remarqué de lumachelle ou grès calcaire. Après les courtes interruptions des Oueds Bellah et Hachem cette surface d'abrasion marine se poursuit tout le long du pied N du Jebel Chenoua (fig. 1 G) jusqu'au cap Ras el Amouch ; elle commence directement au haut de la falaise actuelle, à une altitude qui varie entre 10 et 20 m ; elle se relève lentement vers le continent, mais moins vite que la topographie, à cause d'un épais talus descendant du Chenoua ; les nombreux ravins qui la recoupent montrent que la plate-forme d'abrasion marine elle-même ne monte que jusqu'à environ + 30 m.

Au cap Chenoua, côté sud, il existe une belle plate-forme d'abrasion dans le calcaire massif, et à 200 m S du cap, le pied de falaise de cette plate-forme contre la paroi rocheuse est à 5 m au-dessus de la mer actuelle.

A Tipasa enfin, que j'ai visité en compagnie de M. A. Aymé, le plateau calabrien ¹ réapparaît et se relève lentement vers l'ESE (A. Aymé in L. Glangeaud [1952, p. 104, fig. 34]) pour former l'entablement du Sahel d'Alger. Au bord de la mer on décèle à l'E de Tipasa des témoins d'une falaise morte creusée dans les grès calcaires calabriens ; à son pied ne restent que des blocs éboulés et des brèches à ciment rose, encroûtés ; au large, plusieurs îlots sont des dos de dunes consolidées immergées ; le tombolo à 2 km E de Tipasa, qui porte des carrières romaines, en est un exemple ; la falaise morte se voit bien à cet endroit. Plus à l'E, à 5 km de Tipasa, M. Aymé m'a montré une dune consolidée du Quaternaire récent dont la base marine est cachée sous la mer qui en rejette des gros blocs de tempête. Pour trouver la lumachelle de base en place au-dessus du niveau de la mer, il faut aller à l'embouchure de l'Oued Rhiran et au Rocher plat.

Conclusions. — Entre le cap Khramis et Tipasa, où la montagne s'avance jusqu'à la mer, le Quaternaire ancien marin est rarement conservé. M. de Lamothe et L. Glangeaud en ont signalé des lambeaux trop dispersés pour prêter à une synthèse. Par contre, des terrasses du Quaternaire récent permettent d'identifier deux épisodes distincts. Si l'on a soin de ne considérer que des pieds de falaise morte donnant les altitudes maxima des mers quaternaires on reconnaît que l'un de ces rivages se montre constamment au voisinage de + 30 m et l'autre à + 5 m sauf à Tipasa ; nous reviendrons sur cette exception. Dans le secteur considéré, sans tenir compte des anfractuosités de détail, la côte s'allonge sur 190 km ; les portions où des traces du maximum marin de + 5 m ont été identifiées totalisent 8 km, soit 4,2 % ; pour celles du maximum de + 30 m on obtient 52 km, soit 27,4 %. En outre, sur 5 km, on ne peut pas préciser à quel niveau appartiennent les fragments de terrasses conservés.

Pour dater ces deux terrasses marines ma rapide prospection ne m'a pas fourni d'arguments paléontologiques. Mais si l'on raisonne par analogies avec l'Oranie et le Maroc on est conduit à rapporter le niveau de 30 m au Tyrrhénien classique, celui de 5 m à l'Ouljien [Gigout, 1949]. On sait que ces épisodes du Quaternaire récent sont rarement déformés [Gigout et Gourinard, 1953].

Nous avons noté qu'à l'E de Tipasa une falaise morte inférieure, au lieu de donner, comme dans le cas général, sur une basse plaine littorale, a, si l'on peut dire, les pieds dans l'eau. Les pro-

1. En toute rigueur ce plateau de Quaternaire ancien n'est pas daté avec certitude du Calabrien, mais sa ressemblance avec celui d'Oran et Mostaganem est telle qu'il ne paraît pas osé de l'y rapporter.

duits continentaux encroûtés qui forment talus contre cette falaise morte ont exactement le faciès des brèches post-ouljiennes du littoral marocain, à Rabat par exemple. Les dunes consolidées immergées sous forme d'îlot sont exactement semblables à celles, ouljiennes, de Témara, Oualidia, etc. Tout concourt à en faire de l'Ouljien et il semble bien que ce rivage soit ici déformé et s'abaisse un peu au-dessous du niveau actuel de la mer, pour réapparaître à l'E à l'Oued Rhiran, au NW au cap Chenoua. La subsidence quaternaire de l'Oued Nador, très marquée pour le Calabrien, serait encore décelable dans le Quaternaire récent ; le phénomène serait comparable à la subsidence de l'embouchure de la Macta, mise en évidence par R. Laffitte [1942].

BIBLIOGRAPHIE

- BRIVES A. (1897). — Les terrains tertiaires du bassin du Chélif et du Dahra. Thèse, Lyon.
- GIGOUT M. (1949). — Définition d'un étage ouljién. *C.R. Ac. Sc.*, t. 229, p. 551.
- GIGOUT M. et GOURINARD Y. — Essai de corrélation du Quaternaire marin entre les côtes atlantique du Maroc et méditerranéenne d'Oranie. *Trav. 4^e Congrès I. N. Q. U. A.*, 1953. Sous presse.
- GIANGIAUD L. (1932). — Étude géologique de la région littorale de la Province d'Alger. *Bull. Serv. Carte géol. Algérie*, 2^e sér., n° 8.
- (1952). — Histoire géologique de la Province d'Alger. *XIX^e Congr. géol. intern. Alger, Monogr. région.*, 1^{re} sér., Algérie, n° 25.
- GOURINARD Y. (1952). — Le littoral oranais (mouvements verticaux et anomalies gravimétriques). *Ibid.*, 1^{re} sér., Algérie. n° 22.
- LAFFITTE R. (1942). — Plissements post-pliocènes et mouvements quaternaires dans l'Algérie occidentale. *C.R. Ac. Sc.*, t. 215, p. 372-374.
- LAMOTHE M. DE (1911). — Les anciennes lignes de rivages du Sahel d'Alger et d'une partie de la côte algérienne. *Mém. Soc. géol. Fr.*, Géol., 4^e sér., n° 6.
-

SUR LA PRÉSENCE DE SCHACKOÏNES
DANS LE CRÉTACÉ SUPÉRIEUR DE FRANCE,
DE BAVIÈRE ET DE TUNISIE

PAR Germaine Aurouze ET Ivan de Klsz¹.

PLANCHE VI a.

Sommaire. — Le genre *Schackoina* apparaît dans presque tous les niveaux du Crétacé supérieur. L'utilisation stratigraphique de ce Foraminifère dans le Crétacé supérieur élevé, comme Reichel l'avait établie pour la période albien supérieur-turonien inférieur, semble assez limitée.

Jusqu'à présent, le genre *Schackoina* a été à peine mentionné dans le Crétacé supérieur élevé d'Europe ; les individus ont échappé probablement aux investigations en raison de leur très petite taille (0,1 à 0,25 mm, sans épines). Nos recherches nous ont permis d'en découvrir dans le Crétacé supérieur de France, de Bavière et de Tunisie. Les échantillons de France nous ont été communiqués par Mme M. Neumann, M^{lle} J. Mineur et M. D. Boulanger ; un échantillon de Tunisie par le professeur Dehm de Munich.

Schackoina a été proposé par Thalmann en 1932 comme sous-genre du genre *Hantkenina* et élevé plus tard par Cushman, en 1933, au rang de genre indépendant. Ce dernier [1948, p. 328], dans la quatrième édition de son manuel, lui donne, comme répartition stratigraphique, Crétacé (Crétacé supérieur dans la description de la famille). Néanmoins, on trouve quelques espèces dans le Crétacé inférieur, comme *Schackoina cabri* SIGAL, récemment décrite dans le Barrémien de l'Algérie, *Sch. primitiva* TAPPAN dans la « Grayson formation » aux États-Unis (Albien d'après Reichel [1947, p. 395]), *Sch. pentagonalis* REICHEL et *Sch. pentagonalis var. aperta* REICHEL dans l'Albien (?) de Suisse. En Europe, le genre est surtout connu dans le Cénomanién : *Schackoina cenomana* SCHACKO a été décrit dans le Cénomanién de Mecklenburg et de Brandebourg [Schacko, 1896 ; Franke, 1928], du Caucase [Keller, 1939, p. 11] et d'Autriche [Noth, 1951], *Sch. gandolfi* REICHEL, *Sch. cenomana bicornis* REICHEL, *Sch. moliniensis* REICHEL, dans le Cénomanién de Suisse. D'autres formes (*Sch. jean-*

1. Note présentée à la séance du 15 mars 1954.

4 novembre 1954.

Bull. Soc. Géol. Fr. (6), IV. — 7

neti REICHEL) ont été trouvées dans le Turonien inférieur [Reichel, 1947, p. 406, peut-être encore Cénomanién supérieur, p. 394]. Celles-ci sont un peu plus grandes que les espèces du Cénomanién et « rattachables au groupe de *Sch. tribuberculata* MORROW ». Cette dernière espèce a été trouvée dans les « Greenhorn formation » (Turonien) et « Niobrara formation » (Coniacien, Santonien inférieur) d'Amérique du Nord. *Sch. multispinata* CUSHMAN et WICKENDEN 1930, décrite dans le Crétacé supérieur du Manitoba (Canada) (Santonien d'après Reichel [1947, p. 406]) est également présente dans les « Austin formation » (Coniacien-Santonien inférieur d'après Dunbar [1949, p. 554, table 10]) et « Taylor formation » (Campanien d'après Dunbar). Cette espèce a été découverte en Europe par Glaessner dans le Maestrichtien du Caucase [Keller, 1939, p. 13] et par M^{me} Gubler [1946, tabl. après p. 416] en France dans les Pyrénées, près de Gan. Une autre forme dont la position systématique doit être vérifiée est *Sch. senoniensis* THALMANN des marnes de Pattenau et des couches du Disselbach (couches de Bucheck, S de Traunstein, Haute-Bavière [de Klasz, 1953, p. 224]).

Sous la désignation de « Disselbach », Egger [1889, p. 8] comprend les couches près du pont sur le Disselbach, immédiatement au-dessus du ruisseau près de son confluent avec le Traun, et la série des marnes affleurant dans la coupe du chemin de fer, au N du ruisseau. D'après les recherches de l'un de nous (de Klasz), les marnes de Disselbach même appartiennent au Santonien et au Campanien inférieur, tandis que celles de la coupe du chemin de fer comprennent une série continue du Campanien inférieur au Maestrichtien supérieur.

Nous avons trouvé dans ces couches des Schackoïnes qui diffèrent totalement de la forme figurée par Egger ; il nous paraît d'ailleurs douteux que celle-ci appartienne au genre *Schackoïna* ; il semble plus convenable de la classer dans le sous-genre *Hastigerinoides*, du genre *Hastigerinella*. Une forme trouvée dans le Campanien inférieur élevé (couches de Bucheck, au bord de la Traun, à l'E de Grub, près d'Eisenärzt, Haute-Bavière) semble correspondre au texte-figure 29e de Bronnimann [1952] sous le nom de *Hastigerinella* (*Hastigerinoides*) *rohri* ; cependant notre spécimen (fig. 1 A, a et b) est légèrement trochoïde ; ce caractère ne semble d'ailleurs pas rigoureusement distinctif puisque le subgenoholotype désigné par Bronnimann, *Hastigerinella* (*Hastigerinoides*) *alexanderi* CUSHMAN est seulement « nearly planispiral ». Nous n'avons pu examiner de marnes de la localité type de Pattenau, le gisement étant aujourd'hui inaccessible. Dans des échantillons des couches de Pattenau, à quelques kilomètres de la localité-type, nous avons trouvé quelques individus à 3 loges, mal conservés. La collection d'Egger ayant été malheureusement détruite pendant la guerre, la vérification de l'origine de l'espèce est très difficile.

Reichel [1947, p. 406] observe deux tendances évolutives chez le genre *Schackoïna* : (1) la réduction progressive du nombre des

loges par tour de spire ; il est au début de 5 (6 chez *Sch. cabri* SIGAL [1952, p. 21, fig. 18, *auct.*]) et passe rapidement à 4 puis à 3, 2) l'augmentation du nombre des épines de la dernière loge. D'abord il n'y en a qu'une, puis une deuxième surgit au-dessus de la première, dans un plan perpendiculaire à celui de l'enroulement. Enfin, on trouve des formes chez lesquelles ce nombre est porté à 3 ou davantage (jusqu'à 5 chez *Sch. multispinata* CUSHMAN et WICKENDEN »).

Les récentes observations ne semblent pas confirmer totalement l'hypothèse de Reichel : *Sch. cabri*, décrite par Sigal, stratigraphiquement la plus ancienne du genre, montre 2 épines sur les 2 dernières loges. Nos investigations nous ont permis de constater que le nombre des épines n'augmentait pas régulièrement en montant dans la série stratigraphique ; le nombre des loges peut être également supérieur à 3 dans des niveaux bien élevés (Campanien supérieur).

Nous avons pu récolter jusqu'ici, au total, 419 Schackoïnes ; leur répartition est inégale dans les différents niveaux stratigraphiques.

Un échantillon du Flysch cénomanien-turonien d'Aquitaine, à 3 km au S de Salies-de-Béarn (B.-P.), dans le ruisseau Betmau, a révélé une faune de Schackoïnes avec des individus à 3 ou 4 loges, en nombre à peu près égal : 15 à 3 loges, 17 à 4 loges. Presque toutes les formes à 4 loges ont 2 épines sur la dernière loge (fig. 1 B) ; on peut identifier celles-ci à la forme *Sch. cenomana bicornis* REICHEL, l'une d'elles porte 2 épines sur chacune des 2 dernières loges, il s'agit de *Sch. moliniensis* REICHEL ; les spécimens à 4 loges (fig. 1 C) avec une seule épine sur la dernière loge appartiennent vraisemblablement à l'espèce *Sch. gandolfi* REICHEL. Quelques formes à 3 loges nous ont donné des difficultés de détermination, elles portent en effet 2 épines généralement cassées près de leur point d'insertion sur chacune des 2 dernières loges ; les individus ne se trouvant pas très bien conservés, nous n'avons pu les figurer ; les individus à 3 loges sont plus petits que ceux à 4 loges ; la taille des premiers n'excède pas 0,16 et les seconds mesurent jusqu'à 0,23 mm, on peut remarquer qu'une forme à 3 loges décrites par Reichel, *Sch. jeunneti*, est un peu plus grande que les formes à 4 loges ; d'autre part, les épines cassées de nos individus semblent beaucoup plus minces que celles figurées par Reichel. Nous avons pu observer également une Schackoïne du groupe *cenomana* dans une plaque mince mise à notre disposition par M. J. Cuvillier, il s'agit d'un marno-calcaire cénomanien-turonien du S de Pau (route de Gan à Rébénacq) (Pl. VI a). On peut espérer que l'exa-

men de matériel plus abondant permettra une localisation plus exacte du niveau stratigraphique de cet échantillon.

Dans le Sénomien, nous avons disposé d'un matériel beaucoup plus abondant ; dans les 3 échantillons examinés du Santonien des couches de Buchek, nous avons trouvé une cinquantaine de *Sch. multispinata* ainsi que 2 formes montrant une quatrième

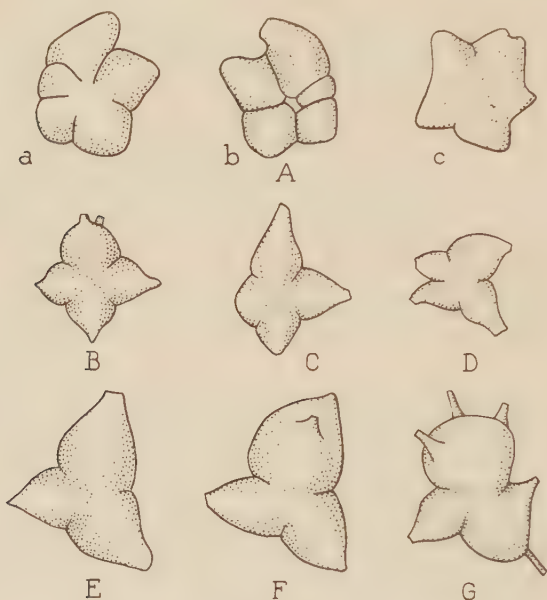


FIG. 1.

A : *Hastigerinella* (*Hastigerinoides*) sp. ; a, côté dorsal ; b, côté ombilical (Campanien inférieur, couches de Buchek) ; c, *Hastigerinella* (*Hastigerinoides*) *rohri* BRONNIMANN [1952, fig. 29 e].

B : *Schackoina cenomana bicornis* REICHEL, Cénomano-Turonien, Salies-de-Béarn.

C : *Sch. gandolfi* REICHEL, Cénomano-Turonien, Salies-de-Béarn.

D à G : *Sch. multispinata* CUSHMAN et WICKENDEN. (D : forme anormale, Santonien, couches de Buchek ; E : forme à 1 épine sur la dernière loge, Campanien-Maestrichtien, Lahonce (B.-P.) ; F : forme à 2 épines sur la dernière loge, Campanien-Maestrichtien, Lahonce (B.-P.) ; G : Maestrichtien sup., Salies de Béarn).

loge peu développée (fig. 1 D) ; néanmoins, la disposition des loges montre la même tendance que chez les formes à 3 loges. Il semble que ce soit une forme anormale avec subdivision de l'avant-dernière loge. Reichel [1947, p. 396, fig. 3 g] figure également parmi des spécimens de *Sch. gandolfi*, un individu à dernière loge bifide. *Sch. multispinata* correspond bien aux figures et à la des-

cription de Cushman et Wickenden ; malheureusement, il n'a pas été possible d'obtenir de topotypes de cette espèce, car d'après la communication de M. F. Cooper (Conservateur au Smithsonian Institution, U. S. National Museum, Washington), il n'existe que 2 individus dans la collection de Cushman. Nos spécimens sont assez petits (0,16 à 0,20 mm), ils sont accompagnés d'une microfaune abondante avec quelques espèces caractéristiques du Santonien :

Spiroplectinata jaekeli senonica de KLASZ, *Gumbelina ultimatumida* WHITE, *Gumb. globulosa* EHRENBURG, *Gumb. striata* EHRENBURG, *Pseudotextularia elegans* RZEHAK, *Ventilabrella decoratissima* DE KLASZ, *Reussella szajnochae* GRZYBOWSKI, *praecursor* DE KLASZ et KNIPSCHÉER, *Stensioina exsculpta gracilis* BROTZEN, *St. pommerana* BROTZEN, *St. exsculpta* REUSS, *Globotruncana lapparenti lapparenti* BOLLI, *Glob. lapparenti coronata* BOLLI et *Glob. lapparenti concavata* BROTZEN.

Dans 15 échantillons du Campanien-Maestrichtien inférieur, nous n'avons trouvé que des individus à 3 loges (sauf un échantillon dont la faune indique un âge campanien supérieur et qui renferme 2 individus à 4 loges). 3 échantillons ont été prélevés dans le Campanien inférieur de Bavière de la localité mentionnée plus haut ; 12 *Schackoïna multispinata* avec 2 épines au plus sur la dernière loge y ont été retrouvées. Nous n'avons pas séparé le Campanien supérieur et le Maestrichtien inférieur, parce que la faune de la plupart des échantillons n'est pas assez caractéristique pour donner un âge plus précis. La limite Campanien supérieur-Maestrichtien inférieur est encore très discutée [Hiltermann, 1952] ; d'autre part, les auteurs ne sont pas d'accord si le niveau stratigraphique de *Globotruncana calcarata* se trouve dans le Campanien inférieur ou déjà dans le Maestrichtien.

Des 18 autres échantillons examinés, 11 proviennent d'Aquitaine (1 de Lahonce, Basses-Pyrénées, avec 53 individus, et les 10 autres de la région de Salies-de-Béarn), 7 autres de la région d'Eisenärzt (Haute-Bavière). Nous avons noté plusieurs individus avec seulement 2 épines sur la dernière loge et quelquefois sur l'avant-dernière. Les individus de l'échantillon de Lahonce (fig. 1 E et F) sont très bien conservés, quelques-uns possèdent encore des épines très fines dont la longueur atteint presque la longueur du test (sans épine de 0,26 mm chez les plus grands spécimens). Il est intéressant de remarquer que, surtout dans ce niveau, le nombre des épines sur la dernière loge n'excède guère 2 : sur 140 individus observés, 2 seulement portent 3 épines. Cependant, un échantillon de Tunisie (région d'El Alia, au SE de Bizerte), dont l'âge est vraisemblablement campanien élevé, a donné des

individus à 3 loges avec 3 épines sur la dernière loge sur 20 spécimens, la moitié environ possède 3 épines sur la dernière loge.

Dans 2 échantillons du Maestrichtien supérieur, un d'Aquitaine et un de Bavière, on trouve souvent des formes à 3 loges avec 3 épines sur la dernière loge ; la trentaine d'individus observés (fig. 1 G), provenant pour la plupart de l'échantillon d'Aquitaine, sont des *Schackoina multispinata* identiques à la figure holotype de Cushman et Wickenden.

Nous avons pu, dans l'ensemble, observer une parfaite identité de Schackoïnes entre les formes de Bavière et celles d'Aquitaine, avec cependant une différence à peu près constante dans la taille des individus : ceux de Bavière n'atteignent que très rarement la taille de ceux d'Aquitaine.

Dans l'état actuel de nos connaissances, l'utilisation stratigraphique des Schackoïnes dans le Crétacé supérieur élevé, comme Reichel l'avait établie pour la période Albien supérieur-Turonien inférieur, semble donc limitée. On peut espérer que du matériel supplémentaire, provenant de séries continues dans une même coupe, lavé avec des tamis à mailles très fines, donnera des résultats plus satisfaisants.

BIBLIOGRAPHIE

- BRONNIMANN P. (1952). — *Globigerinidae* from the Upper Cretaceous (Cenomanien-Maestrichtian) of Trinidad, B.W.I., *Bull. amer. Pal.-Ithaca*, vol. XXXIV, n° 140 (d'après ELLIS et MESSINA, Catalogue of Foraminifera).
- CUSHMAN J. A. (1948). — Foraminifera, their Classification and economic Use. 4th ed. with an illustrated key to the Genera, p. 1-605, tab. 1-31 et 1-55, Cambridge, Harvard University Press.
- CUSHMAN J. A. et WICKENDEN R.T.D. (1930). — The Development of *Hantkenina* in the Cretaceous with a description of a new species. *Contr. Cushman Lab. Foram. Res.*, Sharon, vol. 6, pt. 2, p. 39-43, pl. 6, fig. 1-6.
- DUNBAR C. O. (1949). — Historical Geology, 2^e éd. New-York, p. 1-573, tabl. 1-11.
- EGGER J. (1889). — Foraminiferen und Ostracoden aus den Kreidemergeln der Oberbayrischen Alpen. *Abh. k. bayer. Ak. Wiss.*, Munich, Bd. 21, Abt. 1, p. 1-230, pl. 127.
- ELLIS B. F. et MESSINA A. R. (1953). — Catalogue of Foraminifera. New-York. Spec. Publ. Amer. Mus. Nat. Hist.
- FRANKE A. (1928). — Die Foraminiferen der Oberen Kreide Nord- und Mitteldeutschlands. *Abh. preuss. geol. Landesanst.*, Berlin, N.F., H. 111, p. 1-208, pl. 1-18.

- GUBLER Y. (1946). — Sur la stratigraphie du Flysch au S de Pau (Basses-Pyrénées). *B. S. G. F.*, (5), XVI, p. 401-422.
- HILTERMANN H. (1952). — Stratigraphische Fragen des Campans und Maastricht unter besonderer Berücksichtigung der Mikropaläontologie. *Geol. Jahrb.* Hanovre, Bd. 67, p. 47-66, Abb. 1-5, tab. 1.
- KELLER (1939). — Foraminifères du Crétacé supérieur de l'U. R. S. S. *Trav. Inst. Pétrole*, Moscou, sér. A, n° 116, p. 7-30, pl. 1-2.
- KLASZ I. DE (1953). — Einige neue oder wenig bekannte Foraminiferen aus der helvetischen Oberkreide der bayerischen Alpen südlich Traunstein (Oberbayern). *Geol. bavarica*, Munich, 17, p. 223-244, pl. 4-7.
- NOTH R. (1951). — Foraminiferen aus Unter- und Oberkreide des österreichischen Anteils an Flysch, Helvetikum und Vorlandvorkommen. *Jahrb. geol. Bundesanst.*, Vienne, Sonderbd. 3, p. 1-91, pl. 1-9, tab. 1-2.
- REICHEL M. (1947). — Les Hantkéninidés de la Scaglia et des Couches rouges (Crétacé supérieur). *Ecl. geol. Helv.* Bâle, vol. 40, n° 2, p. 391-409, pl. VIII, 11 fig. dans le texte.
- SCHACKO G. (1897). — Beitrag über Foraminiferen aus der Cenomankreide von Moltzow in Mecklenburg. *Archiv. Ver. Freunde Naturg. Mecklenburg*, Gustrow, Jahrg. 50 (d'après ELLIS et MESSINA, Catalogue of Foraminifera).
- SIGAL J. (1952). — Aperçu stratigraphique sur la micropaléontologie du Crétacé. *XIX^e Congr. géol. intern.*, *Monogr. région*, 1^{re} sér., Algérie, n° 26, p. 1-45, fig. 1-46, tabl. 1.
- THALMANN H. E. (1932). — Die Foraminiferengattung *Hantkenina* CUSHMAN 1924 und ihre regional-stratigraphische Verbreitung. *Ecl. geol. Helv.*, vol. 25, p. 289 (d'après ELLIS et MESSINA, Catalogue of Foraminifera).

LÉGENDE DE LA PLANCHE VIa.

Schackoïna sp. du groupe *cenomana*. Flysch inférieur (Cénomano-Turonien), route de Gan à Réhénacq (Basses-Pyrénées). Coll. J. Cuvillier, Gr. 150 ×.

SUR QUELQUES RESTES DE SAURIENS DU RHÉTIEN ET DU JURASSIQUE LORRAINS

PAR **Fridrich von Huene** ET **Pierre L. Maubeuge** ¹.

PLANCHE VI *b*.

Sommaire. — Description de restes isolés (dents, vertèbres, fragments de ceintures) de Reptiles provenant du Rhétien, du Lias et du Rauracien lorrains. Outre un aperçu sur la faune reptilienne lorraine, ces fossiles fournissent quelques précisions paléontologiques d'intérêt général.

La série étudiée ci-après, récoltée pendant une dizaine d'années en Lorraine, fournit quelques renseignements sur la faune de Reptiles du Rhétien et du Jurassique du NE du bassin de Paris. Elle apporte aussi, d'autre part, des données paléontologiques d'intérêt général non négligeables.

L'examen des pièces est fait en suivant l'ordre stratigraphique.

1. Une dent récoltée dans les sables rhétiens du vallon de Saint-Phlin, près de Varangéville (M.-et-M.), a appartenu à un Ichtyosaurien (Pl. VI *b*, fig. 5 et 6).

Longue de 24 mm, dépourvue de la pointe supérieure (celle-ci, attenante lors de la récolte, s'est effritée ; elle était obtuse et lisse), elle mesure à sa partie basale 14 sur 18 mm. Presque rectiligne, son arête formée par l'émail est aiguë en avant et en arrière. La voûte latérale est plus large que la voûte médiane. Dans les 2/3 de la hauteur inférieure, l'émail dessine des plis longitudinaux. La racine n'a pas été conservée. Par suite de la fossilisation dans un sable friable, il est impossible de constater si la dentine est ou non plissée.

On connaît des dents de ce type dans le genre *Leptopterygius* ; mais il en existe probablement aussi chez *Eurypterygius*.

Il est impossible de formuler une détermination plus précise.

2. Le grès de la zone à *Sc. angulatum* des carrières d'Hettange-Grande (Moselle) nous a livré trois dents assez bien conservées.

Celles-ci sont du type crocodilien, mais se rapprochent encore plus des dents des Parasuchiens (Pl. VI *b*, fig. 1 à 4).

Une de ces pièces (fig. 1 A) doit provenir de la partie postérieure de la mâchoire ; elle est comprimée latéralement. Pourvue d'arêtes antérieure et postérieure très finement crénelées depuis la base jusqu'à la pointe, elle pré-

1. Note présentée à la séance du 15 février 1954.

sente une surface lisse. La voûte de la surface latérale est plus forte que celle de la surface médiane. La pointe n'est pas aiguë, mais large. Longue de 38 mm, cette dent montre à la base des diamètres de 18 et 23 mm ; à 1 cm au-dessous de la pointe, la largeur est encore assez forte : 14 mm.

Une seconde pièce (fig. 1 B) doit provenir de la partie la plus antérieure d'une mâchoire ; elle est longue de 58 mm sans la pointe, avec à la base des diamètres de 22 et 24 mm. La surface est presque lisse avec deux arêtes très faiblement marquées. Dans la partie médiane, la dent est légèrement courbée ; sa pointe est svelte.

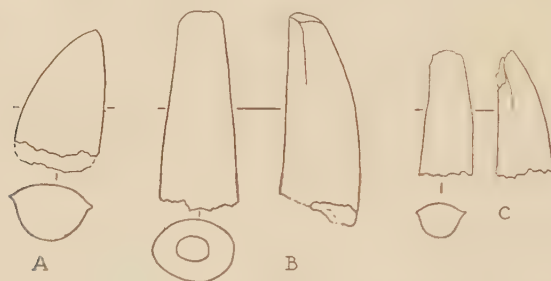


FIG. 1. — Dents du grès de la zone à *Sc. angulatum*. $\times 1/2$.

La troisième (fig. 1 C) est semblable à la précédente, mais plus petite. Sa pointe est, elle aussi, svelte. Mais les arêtes longitudinales sont plus fortes, avec également une crênelure fine. La pointe même a disparu. Longue de 33 mm, cette dent montre à sa base arrondie un diamètre de 15 mm. Anatomiquement elle devait être implantée entre les deux précédentes.

Il est évidemment impossible de préciser si ces pièces recueillies en même temps appartiennent à un seul animal.

Ces dents ont une similitude très accusée avec celles du *Phytosaurus* du « Stuben-Sandstein » du Keuper supérieur germanique et avec celles d'*Angistorhinopsis* (v. HUENE) du Rhétien allemand ; ces deux genres appartiennent aux Parasuchiens. Or, on ne connaît pas encore de Téléosauriens ou de Parasuchiens dans le Lias tout à fait inférieur. On admettait jusqu'ici que les Parasuchiens ne survivaient pas pendant le Lias. Toutefois, dans le Rhétien, le Parasuchien *Angistorhinopsis* possède des dents du type de celles décrites ici. Dans les deux cas on a affaire à un grand animal. Il y a donc des présomptions quant au fait que les Parasuchiens vivaient encore dans l'Hettangien lorrain. Mais il est impossible, en se basant uniquement sur des dents, de considérer ce fait comme démontré.

3. Dans le « Calcaire ocreux » (zone à *Ech. raricostatum*) du Lotharingien de Han-sur-Seille (M.-et-M.) nous avons trouvé deux vertèbres dorsales de Téléosauriens (fig. 2 A et B).

La plus grande (fig. 2 A) est une vertèbre typique de *Mystriosaurus*, identique à celles du *M. chapmani* du Toarcien, à peine plus petite qu'un exemplaire de grandeur normale de cette espèce. Le corps vertébral mesure 6,5 cm de longueur sur 5,5 de hauteur et 4,8 de largeur. L'origine du processus transversal gauche, sans contre-fiche, ainsi que chez l'espèce toarcienne, est conservée ; en bas, dans la section transversale, elle est arrondie, ce en quoi elle

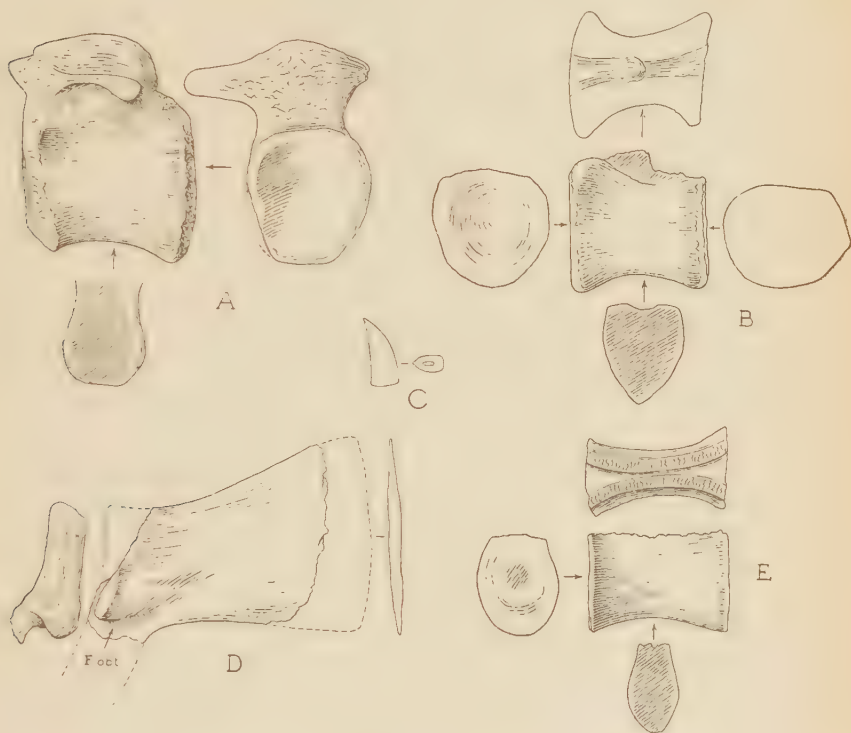


FIG. 2.

A et B : vertèbres dorsales de Téléosauriens du « Calcaire ocreux » ; C : dent du calcaire du Rauracien ; D : pubis de *Camptosauridae* du calcaire du Rauracien ; E : vertèbre dorsale de *Steneosaurus* du Kimméridgien. $\times 1/3$.

diffère de l'espèce toarcienne possédant à la base une arête longitudinale. Elle est aussi plus petite mais relativement plus large. Longue de 5,5 cm, la face articulaire antérieure est large de 5 cm au sommet, avec 4,5 pour la face postérieure.

Ces vertèbres sont des dorsales provenant de deux espèces différentes. Elles appartiennent sans contestation aux Téléosauriens ; mais jusqu'ici on a signalé ce groupe uniquement dans le Lias supérieur anglais, de la France et du Wurtemberg. La position

stratigraphique de ces deux pièces, dans le Lias inférieur n'en est que plus intéressante.

4. Les calcaires blancs sublithographiques du Rauracien de la carrière des Fours à Chaux d'Haudainville près de Verdun (Meuse) nous ont livré une petite dent lisse, comprimée, courbée vers l'arrière, aiguë (Pl. VI *b*, fig. 7 et 8).

Le tranchant antérieur est finement comprimé, et l'arête postérieure se divise en deux à 9 mm au-dessous de la pointe, une arête continuant jusqu'à la base, tandis que l'autre disparaît avant. Longue de 28 mm, cette dent a une base de 11 sur 8 mm.

Il est très probable que cette pièce appartient à un Coelurosaurien, mais de telles formes, avec deux arêtes postérieures ne sont pas signalées à ce jour.

5. Le même gisement a livré un fragment proximal d'une côte dorsale de Reptile, l'articulation manquant.

Longue de 19 cm, cette pièce a un diamètre proximal de 6,2 sur 3,5 cm, et distal de 5 sur 3 cm. L'os est légèrement courbé. L'articulation était double, car, en bas, la cassure est beaucoup plus épaisse qu'en haut. Il ne peut donc, de ce fait, s'agir d'une côte de Plésiosaure, dépourvue d'une telle articulation.

Il est bien plus probable que l'on a affaire à une côte de Dinosaure sauropode, avec articulation double, peu courbée.

6. Toujours du même gisement nous signalerons la partie d'un pubis droit d'un *Camptosauridae* (fig. 2 D).

La lame du praepubis a 10,5 cm de longueur. Du bord du contact avec l'ilium, seul le point le plus bas est conservé. Au-dessous de ce point existe l'incision (pas un foramen) de la nervure obturatoire ouverte vers l'acetabulum ; sous elle, se voit la cassure du post-pubis. En avant de l'ilium, le praepubis est rétréci à 4,6 cm, mais le bord antérieur, incomplet, est élargi à 7,5 cm, et il semble qu'il y manque peu de matière osseuse.

La forme élargie du praepubis est analogue à celle de *Camptosaurus* et des *Camptosauridae* car tous les autres Ornithischiens jurassiques ont le praepubis étroit. La plupart des *Camptosauridae* sont de l'Amérique du Nord, mais *Cumnoria* (SEELEY) se trouve dans le Kimméridgien anglais ; et *Cryptodraco* (ЛЫДЕК-КЕР) a laissé un fémur dans l'Oxfordien anglais. Il y avait donc déjà des traces de *Camptosauridae* dans le Jurassique supérieur européen.

7. Nous avons recueilli, enfin, un corps de vertèbre dorsale d'un *Steneosaurus* du Kimméridgien, à Mauvage (Meuse) (Marnes à *E. virgula*) (fig. 2 E).

EXPLICATION DE LA PLANCHE VI b.

FIG. 1 à 4 : Dents de Parasuchien. Hettangien sup., Hettange grande, carrières (Moselle)
1.

1 : dent antérieure ; 2 et 3 : dent postérieure ; 4 : dent médiane.

FIG. 5 et 6 : Dents d'un Ichtyosaurien du Rhétien de Saint-Phlin Varangéville (M.-
et-M.) $\times 1$.

FIG. 7 et 8 : Dents d'un Cœlurosaurien du Rauracien d'Haudainville Verdun, (Meuse).
 $\times 1$.

LA FORMATION A *MICROCODIUM* AU POURTOUR DE L'ARGENTERA-MERCANTOUR

PAR Anne Faure-Muret ET Paul Fallot¹.

Sommaire. — Les spécialistes s'étant prononcés dans des sens opposés quant à la nature organique ou inorganique des *Microcodium* et — pour un point — quant à leur âge, les auteurs décrivent en stratigraphes les formations qui les contiennent aux alentours de l'Argentera-Mercantour. Ils en tirent argument pour adopter l'interprétation du Prof. J. Harlan Johnson qui en fait des organismes. Ceux-ci, apparus dans la région à la fin du Sénomien, y ont régné selon les points jusqu'avant le Lutétien moyen ou supérieur. Quant à la région des Quatre Cantons, les précisions tirées des Fulmonés et des Foraminifères sont encore difficiles à concilier.

I. Introduction : les problèmes.

Depuis 1945 nous avons trouvé entre Vésubie, Haut-Var et Haute-Stura une mince formation surtout détritique. Toujours comprise entre Sénomien et Nummulitique, elle est caractérisée par des cristallisations que nous avons rapprochées des *Microcodium* décrits par M^{me} Rech-Frollo dans le poudingue fleuri du Danien des Pyrénées [Rech-Frollo, 1948].

Ce niveau, qui succède sans discordance appréciable au Sénomien, est souvent raviné par les dépôts transgressifs mais concordants de l'Éocène moyen (ou supérieur) marin. Il constitue un repère très constant.

Trois questions se posaient à nous : celle de la vraie nature de ces cristallisations, celle de l'âge des dépôts qu'elles caractérisent, enfin celle de leurs conditions de sédimentation. Sur la première question nous nous bornerons à résumer les opinions des auteurs ; mais, précisément en raison de leurs divergences, il nous a paru opportun de décrire ici ce que nous avons observé sur le terrain.

Opinions en cours sur la nature des Microcodium. Quant au premier point, nous avons confié nos matériaux — plus de 100 échantillons et plaques minces — à l'algologiste américain bien connu, le Professeur J. Harlan Johnson de Golden (Colo.). Celui-ci, qui a retrouvé les mêmes objets dans le Miocène atteint par des forages profonds dans les atolls du Pacifique occidental, a fait appel au Dr William E. Ham, pétrographe et paléontologiste, Directeur du Ser-

1. Note présentée à la séance du 15 février 1954.

vice géologique de l'Oklahoma, au Prof. W. D. Mateer, de la Colorado School of Mines, qui est minéralogiste et micropaléontologiste, au Dr Preston E. Cloud du U. S. Geological Survey ainsi qu'à divers autres spécialistes.

Cette étude exhaustive fait l'objet d'un mémoire à la Paleontological Society, mais ses conclusions ont été publiées à l'Académie des Sciences. M. Johnson [1953], rejetant l'hypothèse de cristallisations fortuites nées pendant ou après la sédimentation, démontre qu'il s'agit certainement d'organismes dont la position systématique, encore incertaine, serait à rechercher au voisinage des Algues du genre *Codium*.

Antérieurement à ce travail d'ensemble, divers chercheurs avaient attribué à des Algues des objets semblables. L. Cayeux [1923, p. 637, pl. XXVII, p. 107] en a mentionné dans les meulières de Brie. M^{me} Rech-Frollo [1948] a attribué au genre *Microcodium* les cristaux en rosettes qu'elle a trouvés dans le « Poudingue fleuri » du Danien pyrénéen. Nous devons ajouter qu'après les avoir rapportés à des Algues, elle pencherait, d'après une lettre de l'an passé, à y voir des cristallisations inorganiques.

Le Professeur Moret, de son côté, a étudié quelques échantillons que, soit lui, soit M^{me} Gubler ont récoltés dans la zone subalpine plus au N que le secteur de nos propres recherches [Moret 1952 a et b]. Pour lui, il s'agit uniquement de cristaux de calcite. Leur formation, qui ne peut être attribuée à des circulations d'eau dans les sédiments, serait due à des précipitations brusques dans des eaux saturées de CaCO_3 , et le savant paléontologiste grenoblois évoque pour comparaison les phénomènes décrits dans la Mer Morte par Bloch, Littman et Elasar-Volcani. Reproduisant avec des figures aux *Travaux du Laboratoire de Grenoble*, le texte de sa note à l'Académie, il maintient son point de vue, à l'encontre des conclusions de M. Johnson.

Enfin, M. Jodot qui, dès 1935, avait repoussé l'attribution à des Algues des cristallisations du Miocène pour lesquelles Glück avait créé le genre *Microcodium*, vient de répéter [Jodot, 1952] que, tant pour les formes-types que pour celles des Alpes, l'origine de ces formations lui paraît inorganique. Ainsi que l'on verra plus loin, les observations faites sur le terrain apportent dans ce débat des arguments en faveur de l'interprétation de M. Johnson.

II. Étude stratigraphique des couches à *Microcodium*.

La formation caractérisée par ces organismes est le plus souvent détritique. Il s'agit de conglomérats dont les galets sont, soit liés par des encroûtements de *Microcodium*, soit mêlés à un sédiment marno-calcaires dans lequel ces organismes sont plus ou moins abondants. Le cas extrême, où le ciment du conglomérat est presque exclusivement formé par ces cristallisations, s'observe dans le haut vallon de Demandols (Cime de Pal, Bollofré, massif du Mont Rognoso). Le type opposé, où les cailloux sont extrêmement rares et où les *Microcodium* règnent pratiquement seuls dans une roche marno-calcaire, nous est connu principalement en Italie dans la Haute-Stura.

Partout ailleurs, l'horizon est surtout conglomératique.

Les galets sont en général formés de calcaires attribuables au

Crétacé sous-jacent. Dans le haut vallon de Demandols ils sont d'une roche jaune que nous n'avons pas identifiée en place dans la région. Exceptionnellement, dans le massif des 4 Cantons, on y trouve de la dolomie (peut-être triasique) et des silex. Jamais, nulle part, nous n'avons observé de roches cristallines.

La comparaison des profils stratigraphiques, tout en permettant de serrer de plus près la question de l'âge du dépôt, nous paraît apporter sur son mode de formation et sur sa nature exacte, des données essentielles. C'est pourquoi nous décrirons ici une série de coupes en partant du SE, contournant le N du massif cristallin, pour aboutir à la Haute-Stura.

1. MASSIF DE L'AUTION-MILLEFOURCHES. — Cette région est à la limite orientale des dépôts à *Microcodium*, actuellement connus de nous dans la région considérée. Le Sénonien, très puissant,

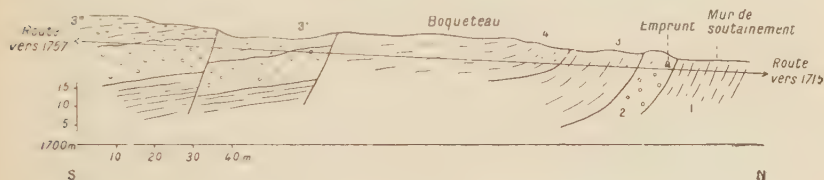


FIG. 1. — Rapports des couches à *Microcodium* avec le Nummulitique au S de l'Aution.

1 : Sénonien ; 2 : Poudingues à *Microcodium* ; 3 : calcaires gris graveleux avec grès roux à *Num. striatus* passant à des grès calcaires (4) à grandes Nummulites ; 3' : Grès conglomératique.

constituant le versant sud du vallon de Cairos, supporte le Nummulitique dans la partie culminante du massif qui est occupée par les forts. Une route militaire, descendant de ces ouvrages vers Colle Bassa, traverse le contact entre Crétacé et Tertiaire notamment entre la Baisse de Carana et la Croix de la Parpella.

Là, un peu plus de 100 m au S du tournant cote 1715, on observe, en bordure d'un boqueteau de contour pentagonal, une bonne coupe en suivant la route (fig. 1). Elle montre, notamment au S des failles, les conglomérats à *Microcodium* admirablement ravinés par le conglomérat et les grès à *Nummulites aturicus*, *N. brongniarti* et *A. exponens*. La route coupe ensuite tangentiellement le Nummulitique extraordinairement riche en grandes Nummulites jusqu'à une carrière située en 1 009,7/200,65 où règne la même faune.

L'emprunt localisé fig. 1 permet de voir le poudingue à liant marno-calcaire où les *Microcodium* sont rares, mais en forme de

choux-fleurs de 0,10 à 0,30 m de diamètre qui paraissent en place dans le sédiment et non roulés.

La surface de ravinement au S de la faille démontre que la partie supérieure des couches à *Microcodium* a été érodée avant la transgression, qui est du Lutétien moyen. Les *Microcodium* sont donc ici soit du début du Lutétien moyen soit d'un âge plus ancien.

Cet horizon paraît s'effiler vers l'E. Le dernier point où on le retrouve est un ouvrage situé vers 1 021,3/200,7. Plus au SE, vers la Croix d'Arseuil, bien que le Nummulitique affleure en plusieurs paquets, nous n'avons plus trouvé à sa base les couches à *Microcodium*.

Léon Bertrand avait vu les conglomérats du revers est de l'Aution. Il les rapportait au Nummulitique [Bertrand, 1896, p. 110]. Mais il y signalait aussi des galets de gneiss. Vu le grand intérêt que présenteraient à ce niveau des roches cristallophylliennes du massif de l'Argentera, nous avons longuement cherché, mais sans en trouver la moindre trace, ni dans les couches à *Microcodium*, ni dans le Nummulitique.

2. MASSIF DU TOURNAIRET. — Couronné, comme celui de l'Aution, d'une importante masse de Grès d'Annot, ce massif, à 16 km à l'WNW du précédent, se dresse à 6 km au SSW de Saint-Martin-Vésubie.

Au contact entre Nummulitique et Sénonien, l'on peut suivre dans son versant nord, malheureusement très boisé, un liseré de couches à *Microcodium* qui s'étend du mont Cialancia au haut vallon de Siruol. On le retrouve vers l'W au pied occidental des escarpements du Cialancia.

Le niveau à *Microcodium* est de puissance variable, tantôt épais de 10 à 15 m, tantôt réduit, même localement absent. Partout où nous l'avons observé il s'est montré conglomératique.

L'arête Cialancia—Cime de la Combe—Mont Tournairet est couronnée de Nummulitique [Faure Muret et Fallot, 1950, p. 124]. Les deux versants sont entamés par de profonds ravins creusés dans le Crétacé. Les couches à *Microcodium*, repérées au N du Cialancia, ont été cartographiées par M. Carrive, au SW, dans les vallons de Monard et de Pertus. Dans le premier, elles sont réduites à 2 m de conglomérats à rares débris de ces organismes. Les grès calcaires qui les surmontent sont stériles et ce n'est qu'à une dizaine de mètres au-dessus que l'on recueille en abondance *Nummulites striatus*, sans grandes Nummulites.

Dans le vallon de Pertus, 1 km plus au S, sous un Nummulitique qui présente exactement les mêmes horizons inférieurs, les

couches à *Microcodium* comportent des alternances de cailloux de 1-5 cm et de lits à gros galets de 10-20 cm. Il apparaît quelquefois des galets gréseux. La formation à *Microcodium* mesure 5 à 10 m.

Au revers nord de l'arête Cime de la Combe—Tournairêt, les profonds ravins dévalant vers le N permettent de suivre l'horizon dans la forêt. Nous avons déjà donné deux coupes en étudiant le Nummulitique de la région [Faure-Muret et Fallot, 1950, p. 124]. Rappelons que si, dans l'arête de Fraccia, on ne trouve au-dessus des couches à *Microcodium* que *N. striatus*, dans le vallon de la Vacherie de Venanson, *N. aturicus* s'observe associée à *N. striatus*, près de 30 m au-dessus de la base du Tertiaire.

Les couches à *Microcodium* se poursuivent dans le versant nord-ouest de la Tête de Siruol, mais, aux abords nord-ouest du sommet, les grès nummulitiques reposent directement sur le Sénonien assez froissé : absence locale, l'horizon réapparaissant bien développé et tranché par une faille NE-SW à la nouvelle vacherie de Roquebillière (S du sommet). On le suit jusqu'au fond du vallon de Siruol où il est en falaise. Il disparaît, par contre, plus au S.

Le Nummulitique présente dans tout le massif une composition constante et des bancs réguliers. Si dans les falaises dominant la vacherie de Venanson nous y avons trouvé, encore fort au-dessus de sa base, l'association des grandes *Nummulites aturicus* et de *N. striatus* qui fixe un âge lutétien supérieur, il paraît nécessaire d'attribuer le même âge aux assises de base de l'Éocène. Il s'en suit qu'ici le conglomérat à *Microcodium* ne saurait être ni plus ancien que le Sénonien sur quoi il repose, ni plus récent que le Lutétien supérieur qu'il supporte.

Au S des vastes extensions de Grès d'Annot, tant en bordure de la vallée de la Vésubie qu'au N du Mont Brech, nous n'avons plus retrouvé le niveau à *Microcodium*, soit qu'il n'y ait pas existé soit qu'il se trouve masqué par les dislocations — ou le Glaciaire — qui règnent dans ces régions.

3. LE MASSIF DES QUATRE CANTONS. — 11 km à l'WSW du Tournairêt et 4 km au N de Villars-sur-Var, l'important massif des 4 Cantons étale ses assises de Grès d'Annot qui culminent à 1 774 m. La série, complétée vers le bas par le Flysch priabonien et l'Éocène calcaréo-gréseux, est assez gauchie.

a) *Allure d'ensemble.* Entre Nummulitique et Sénonien s'intercale localement une mince lentille de formation à *Microcodium*. On la suit sur environ 5 km du NE des bergeries de Ripert (1 784 m) par le col de Sainte-Madeleine (1 102 m) jusqu'au col de Corbassa

(1 632 m). Elle n'a, par contre, pas été retrouvée au NE du massif où le Nummulitique repose directement sur le Sénonien (fig. 4, profil 7).

La formation à *Microcodium* présente ici un grand intérêt

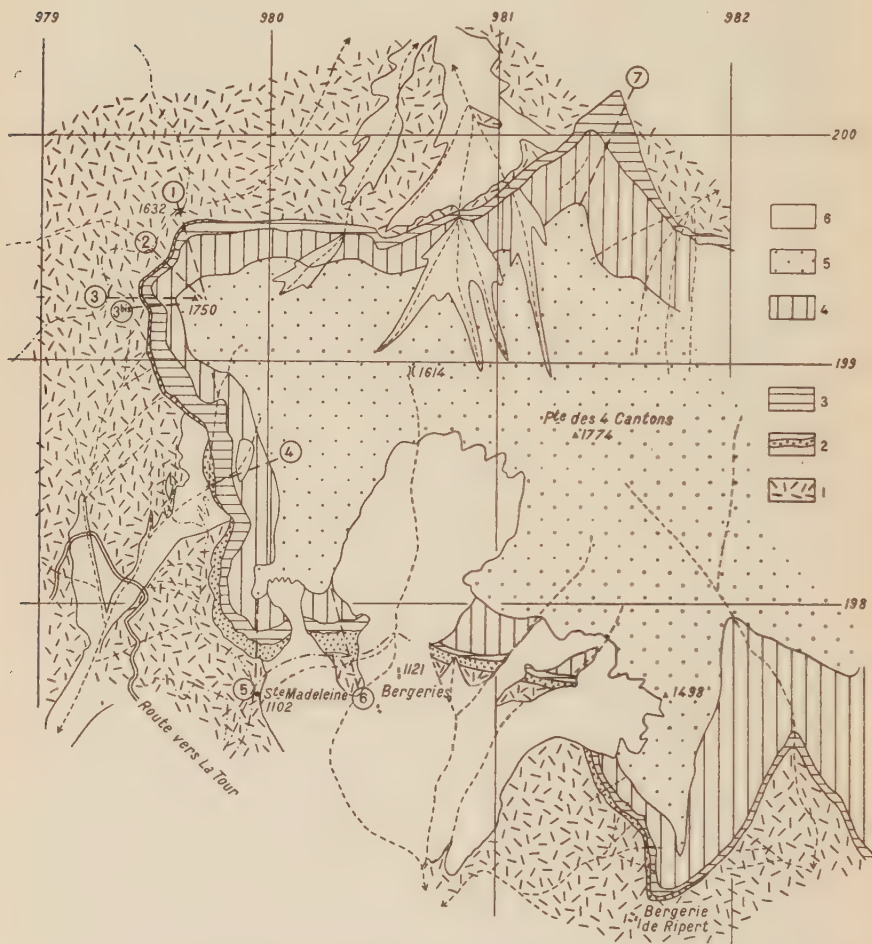


FIG. 2. — Croquis géologique de la région des Quatre Cantons d'après un lever au 20 000^e.

1 : Sénonien ; 2 : couches à *Microcodium* ; 3 : Lutétien supérieur ; 4 : Flysch priabonien ; 5 : Grès d'Annot ; 6 : éboulis.

parce que c'est la seule région où s'y trouvent associées des couches fossilifères. Mais contrairement à ce que l'on pouvait espérer, les macro- et microfaunes que l'on y recueille complètent la solu-

tion du problème stratigraphique plus qu'elles ne l'éclairent. On y trouve, en effet, étroitement associés, des niveaux à Pulmonés lutétiens, à *Microcodium* et à Rosalines.

La fig. 2, d'après nos levés au 20 000^e, situe les affleurements.

Le promontoire occidental du massif des Quatre Cantons, qui se termine par la cote 1750 au SE du col de Corbassa, domine le paysage par des versants très raides coupés de hautes parois. La formation à *Microcodium* se révèle ici assez épaisse et complexe. Elle est accompagnée de marno-calcaires gris roses ou violacés qui nous ont fourni la faune de Pulmonés décrite par M. P. Jodot en 1952.

Les profils d'ensemble 1-6, fig. 3 et 4 et les coupes fig. 5 ont été relevés depuis l'E de Sainte-Madeleine jusqu'au col de Corbassa. Ils suffisent à montrer le rôle que jouent ici les niveaux à *Microcodium* et leurs rapports avec le Nummulitique surincombant.

La première question qui se pose est celle de l'encadrement stratigraphique du complexe à *Microcodium*. Le mur en est partout formé par la partie supérieure du Sénonien pélagique, mais, faute de bonnes microfaunes, il n'a pas été possible de préciser exactement son âge. En effet, les roches en place n'ont fourni que de mauvais restes de Rosalines. Il s'agit probablement de Sénonien supérieur, peut-être de Maestrichtien.

b) *La série nummulitique*. Le toit des couches associées aux *Microcodium* débute par des grès ou des calcaires gréseux (I) avec un mince liseré de poudingues ou de cailloutis basaux. Cette série comporte quelques passées à Nummulites et forme des falaises abruptes. Elle est surmontée par des marno-calcaires (II) avec, localement, des bancs plus calcaires et durs donnant lieu tantôt à des versants infranchissables (falaise est de la pointe des Quatre Cantons) tantôt à des pentes plus adoucies. Le Grès d'Annot (III) termine la série. Les ensembles I et II comportent des Foraminifères qui malheureusement ne permettent pas de rigoureuses précisions. En particulier l'on n'y a jamais trouvé de grandes Nummulites.

Voici les données que nous avons pu rassembler.

La coupe du profil 2 (fig. 3) étudiée par l'un de nous (F.-M.) montre les termes suivants, de bas en haut :

Série I-II. Sur les marno-calcaires à Pulmonés et après un mince niveau à cailloutis :

a) grès à ciment calcaire à petites Nummulites indéterminables...	15-20 m
b) calcaires gréseux sans Nummulites.....	10 m
c) calcaires marneux à <i>Nummulites contortus-striatus</i> , <i>Discocyclusina pratti</i> , <i>Operculina granulosa</i>	5 m

- d) la partie supérieure de ces assises a fourni *Num. contortus-striatus*, *Disc. pratti*, *D. archiaci*, *Operculina alpina*..... } 50-60 m
 e) niveau à *Num. contortus-striatus*, *Disc. pratti*, *Op. alpina*,
Op. granulosa }
 f) à 20 m au-dessus du niveau c, se retrouve la même association.
 La série se termine par des marno-calcaires esquilleux jaunes. 30-40 m

Sur le profil 4 nous avons figuré la position d'assises qu'en fait nous avons recoupées obliquement vers le NW.

Série I, gréseuse.

- a) grès à petites *Nummulites* du gr. de *incrassatus*..... 10 m
 b) grès..... 30 m
 Au toit, horizon à *N. cf. incrassatus* et *N. striatus*.

Série II. Marno-calcaires esquilleux en gros bancs où s'observent :

- c) marno-calcaires.
 d) bancs à *N. striatus*, *Operculina alpina*, *Discocyclina sp.* avec une faune de Mollusques assez abondante, en mauvais état mais d'aspect identique à celle de la Palarea.
 e) série marno-calcaire stérile.
 f) intercalation plus calcaire et plus dure avec *Op. cf. alpina*.
 g) marno-calcaires esquilleux jaunâtres.

Les horizons I et II se suivent au pourtour du massif de Grès d'Annot. Le plus inférieur tend à devenir plus détritique vers le NE. Le profil 7, fig. 4, relevé au mont Colombin par M. J.-P. Garrive, ne montre plus de couches à *Microcodium*. Le Nummulitique repose là directement sur le Sénonien. Il comporte :

- a) complexe de conglomérats en lentilles séparées par des grès à stratification entrecroisée..... 30-40 m
 b) calcaires gréseux stériles..... }
 c) calcaires gris à petites *Nummulites* indéterminables..... }
 d) calcaires gris à *Num. contortus-striatus* *Disc. pratti*, *Op. cf. granulosa*..... } 20 m
 e) calcaires plus marneux à *Num. striatus*, *Op. granulosa*, *Discocyclina*..... }
 f) calcaire à *Disc. pratti*, *D. cf. varians*, *Actinocyclina radians*, *Op. granulosa*..... }

Série II. Marno-calcaires esquilleux gris-jaunâtre env. 100 m

De ces faunules, on peut conclure que la série marno-calcaire II représente, au moins pour sa partie inférieure et moyenne, le Lutétien supérieur (= Auversien de Boussac).

La série I qui lui est subordonnée est donc aussi lutétienne, mais comme elle n'a fourni aucune grande *Nummulite* nous ne pouvons savoir si elle est à ranger encore dans le Lutétien supérieur ou si elle appartient au Lutétien moyen.

Il résulte de ceci que le complexe à *Microcodium* est, dans ce

massif, certainement post-sénonien et pas plus récent que le Lutétien moyen.

c) *Composition du complexe à Microcodium*. Les profils 1 à 6 fig. 5¹ dont les traces sont portées sur le croquis géologique (fig. 2) montrent que les bancs à *Microcodium* sont associés à des dépôts continentaux, mais d'une façon très variable selon les coupes.

Le profil 4, relevé en 1952 avec M. B. Gèze, est celui qui a fourni le plus d'éléments stratigraphiques. La succession des assises a été reproduite par M. P. Jodot [1953]. Renvoyant à la légende des figures nous retiendrons ici seulement les faunes.

Niveau S : Sénonien à *Globotruncana arca*, *Gl. linnei*, *Gumbelina*, *Valvulinaria*, *Globigerina*.

Niveau 2 bis, intercalé entre les deux couches inférieures à *Microcodium* : *Palaeoglandina marioni* COLLOT, *Palaeoxestina marioni* MATH., *Helix* (*Plebecula*) *declivis* SANDB. var. *travansensis* A. F. DE LAPPARENT, *Limnea* (*Stagnicola*) *aquensis* MATH., *Dactylomorpha gennevauri* ROMAN, *Strophostoma lapicida* LEUFFROY, *Palaeocyclophorus pellati* ROMAN, *P. cf. exaratus* SANDB.

Le niveau 4, en calcaires grumeleux à *Microcodium*, n'a fourni aucune microfaune.

Après une dernière couche (5) à *Strophostoma lapicida* et *Palaeocyclophorus pellati*, le niveau 6, de 1,50 m, est détritique et passe vers le haut à des conglomérats bréchoïdes. Ses lits inférieurs contiennent *Globotruncana arca*, *Gl. cf. stuarti*, *Globigerina sp.*, *Cristellaria sp.* Les *Microcodium* sont dans le ciment des galets.

Au-dessus du niveau 7, stérile, les grès 8 contiennent *Globotruncana linnei*, *Gl. marginata* et des *Globigérines* rappelant les formes crétacées.

Les niveaux 6 et 8 indiqueraient donc une récurrence marine. Mais leur âge reste douteux, les microfaunes pouvant s'y trouver remaniées. Quant aux autres profils et aux variations locales qu'ils indiquent, le lecteur les trouvera indiqués fig. 5.

Ces données appellent des considérations sur l'âge et le mode de dépôt de la formation.

Lors de nos premières observations, nous tendions à voir dans les poudingues à *Microcodium* un épisode de l'extrême fin du Crétacé. En tout cas, forts du ravinement des couches à *Microcodium* par le Nummulitique à *N. aturicus*, nous admettions un âge plus ancien que le Lutétien supérieur-moyen. Les deux notes de M. L. Moret [1952 a et b] situent la formation dans le Crétacé terminal.

Les Gastéropodes, déterminés et décrits par M. P. Jodot, indiquent, en revanche, un âge plus récent. Il existe bien des formes voisines des *Strophostomes* dans le Danien d'Europe orientale et dans les couches de Gosau¹, mais à la vérité celles

1. STOLICZKA F. (1860). Über eine der Kreideformation angehörige Süßwasserbildung in den Nordöstlichen Kalkalpen. *Sitzungsber. K. Ak. Wissenschaften*, Bd. 38, p. 484. — TAUSCH L. (1888). Über die Fauna der nichtmarinen Ablagerungen des oberen Kreide des Czipingerthales bei Ajma im Bakony, etc... *Abh. K. K. Geol. R. Anst.*, Bd XII, n° 1, p. 1-32, en particulier p. 21-22, pl. III, fig. 23-27.

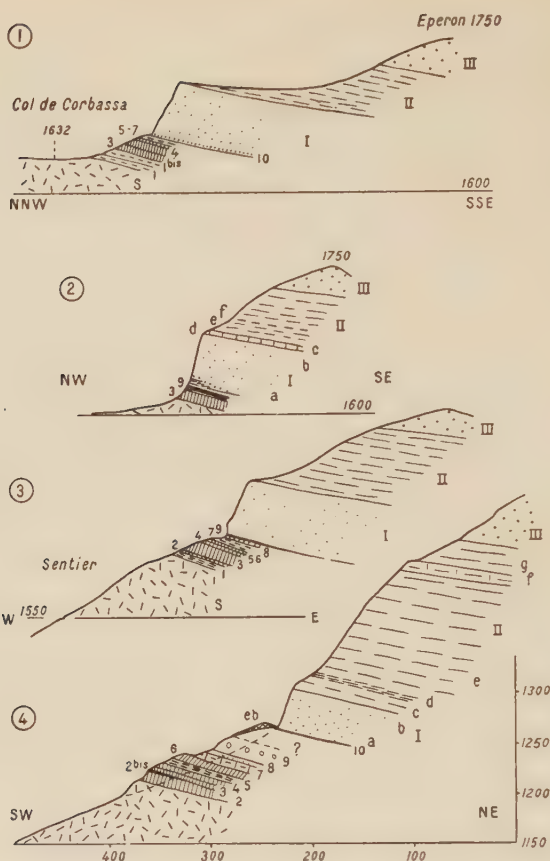


FIG. 3. — Profils de la bordure du massif des 4 Cantons selon les tracés portés fig. 2.

Légendes des coupes et profils stratigraphiques. Les profils sont à l'échelle sauf pour les lits très minces, exagérés. Pour les horizons nummulitiques, voir dans le texte p. 117 et 118.

Coupes 1, 2, 3. 1 : marno-calcaires grumeleux localement rosés avec (coupe 2) ou sans (coupe 1) nids de *Microcodium* ; 1 bis : calcaire grumeleux gris plus dur ; 2 : marno-calcaires très conglomératiques ; 3 : conglomérats à *Microcodium* ; 3 bis : conglomérats et calcaires à *Microcodium* ; 4 : calcaires gris, durs ; 5 : marno-calcaires gris à débris de Gastéropodes ; 6 : grès, 0,30 m-0,40 m ; 7 : marno-calcaires gris lités à Gastéropodes ; 8 : grès amincis vers l'W, 0,80 m ; 9 : marnes à Gastéropodes écrasés (gréseuses sur le profil 2) ; 10 : cailloutis de base du Nummulitique.

Coupe 4. 2 : poudingue à *Microcodium*, 6 m ; 2 bis : lit marno-calcaire rougeâtre à *Strophostomes* et *Microcodium* (apparemment non remaniés) ; 3 : conglomérat à *Microcodium*, 1-2 m ; 4 : calcaire grumeleux gris à *Microcodium*, 2-3 m ; 5 : calcaire grumeleux rouge-gris à Pulmonés, 0,50 m ; 6 : calcaire détritique passant vers le haut à des conglomérats bréchoïdes à gros éléments, avec *Microcodium*, 1,50 m-2 m ; 7 : calcaire détritique en lentille, 2,50-3 m ; 8 : grès à *Globotruncana linnei* et *Gl. marginata*, 1,50 m ; 9 : conglomérat ; 10 : marno-calcaires à Planorbes noires, écrasés.

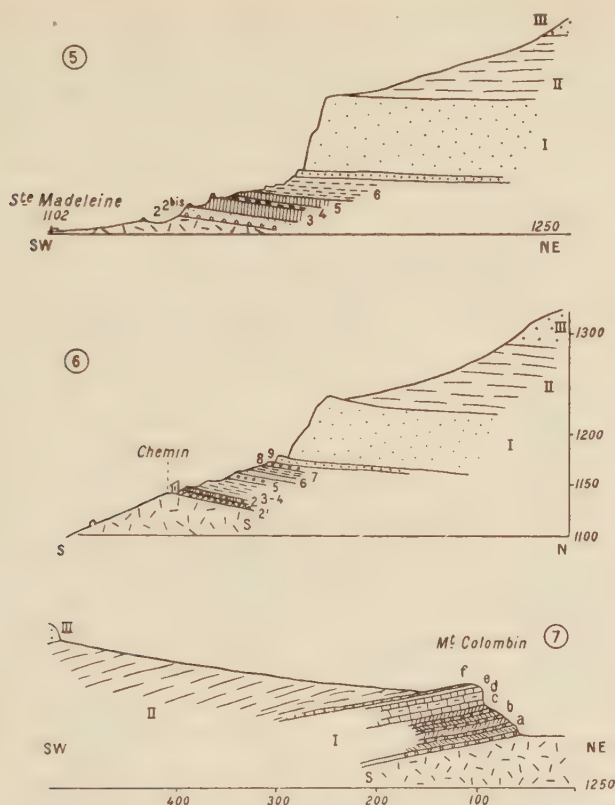


FIG. 4. — Profils de la bordure du massif des 4 Cantons selon les tracés portés fig. 2.

Coupe 5. 2 : conglomérat à gros éléments, 2 m, passant vers le haut à 2 bis : grès, 1,20 m ; 3 : marno-calcaires roses à débris de *Microcodium*, 6 m ; 4 : marno-calcaires roses à *Strophostomes* écrasés, 0,20 m ; 5 : marno-calcaires blancs et roses à nids de *Microcodium*, 6 m ; 6 : marno-calcaires gris, 20 m.

Coupe 6. 2 : brèches ; 2' : poudingues à *Microcodium*, 2-3 m ; 3 : marno-calcaires roses (sans *Microcodium*) ; 4 : marno-calcaires clairs stériles ; 5 : conglomérats à galets de silex et de dolomies, 1,20-1,50 m ; 6 : grès tendres à débris de Plantes, 1 m ; 7 : marno-calcaires un peu gréseux, à *Helix* écrasés, 5-6 m ; 8 : cailloutis, 0,20 m ; 10 : Nummulitique avec galets à la base.

qui y furent décrites par Stoliczka et par Tausch sont différentes de celles que nous avons recueillies et les Glandines corroborent cette notion nouvelle pour nous, due à M. P. Jodot, que, au moins ici, les formations à *Microcodium* appartiendraient au Tertiaire. L'âge le plus ancien qu'on puisse leur attribuer serait lutétien moyen. Nous ne cacherons pas toutefois le trouble que cause la

présence, dans des horizons intercalaires, de Foraminifères spécifiquement sénoniens ou maestrichtiens. M. Sigal évoque leur possible remaniement. Mais ses réserves n'excluent pas que les micro-faunes soient ici dans leurs sédiments d'origine. En tout cas, pour le moment, les profils du massif des 4 Cantons sont les seuls d'où découle l'hypothèse d'un âge éocène moyen pour les couches à *Microcodium*.

Les profils 3-3 bis, 2 et 1, tout en comportant des variantes de détail n'en associent pas moins encore les couches à *Microcodium* à des formations en partie continentales. Dans le profil 4, figure une couche continentale immédiatement subordonnée au Nummulitique transgressif et où nous n'avons trouvé que des Planorbes écrasés indéterminables.

Les profils 2, 3 et 3 bis montrent qu'à 2,5 km du profil 4 la série se termine encore par des Pulmonés. Mais ici il s'agit de *Melanoides* que M. Jodot n'a malheureusement pu déterminer. Le meilleur gisement est à la coupe 3 bis.

Quant au mode de dépôt des couches, l'on remarquera que si les *Microcodium* n'existent sur le profil 6 que dans une mince couche conglomératique, leur importance croît vers le N. Plus à l'W, ces formes apparaissent dans des marno-calcaires qui sont tantôt à Pulmonés tantôt à Rosalines et les baues à *Microcodium* se répètent 2 et 3 fois sur la même verticale. Ils peuvent être séparés par des dépôts d'eau douce ou comportant des apports continentaux, d'origine très proche.

Ces répétitions tout à fait normales s'il s'agit d'organismes, sont, on le voit, incompatibles avec l'hypothèse de M. Moret.

Les dépôts à *Microcodium* règnent dans tous les cas à la partie inférieure des profils. Vers le haut, les faciès marno-calcaires qui leur font suite semblent témoigner d'influences continentales plus franches. Les faunes de Pulmonés des profils 3 bis et 4, les débris de Plantes (profil 6), les débris d'Hélicidés (profils 6 et 1) en font foi. La grande transgression du Nummulitique marin envahit brusquement la région au Lutétien supérieur et la recouvre de ses puissants sédiments, gréseux et calcaires.

* *

La couverture nummulitique du Secondaire a disparu par érosion depuis l'W du massif des 4 Cantons et on ne la retrouve qu'à l'W du Haut-Var où nous ne l'avons pas étudiée. Nous référant aux Diplômes d'élèves de M^{me} Gubler, consultés à Grenoble, nous noterons en passant que, par exemple, dans le vallon de l'Es-

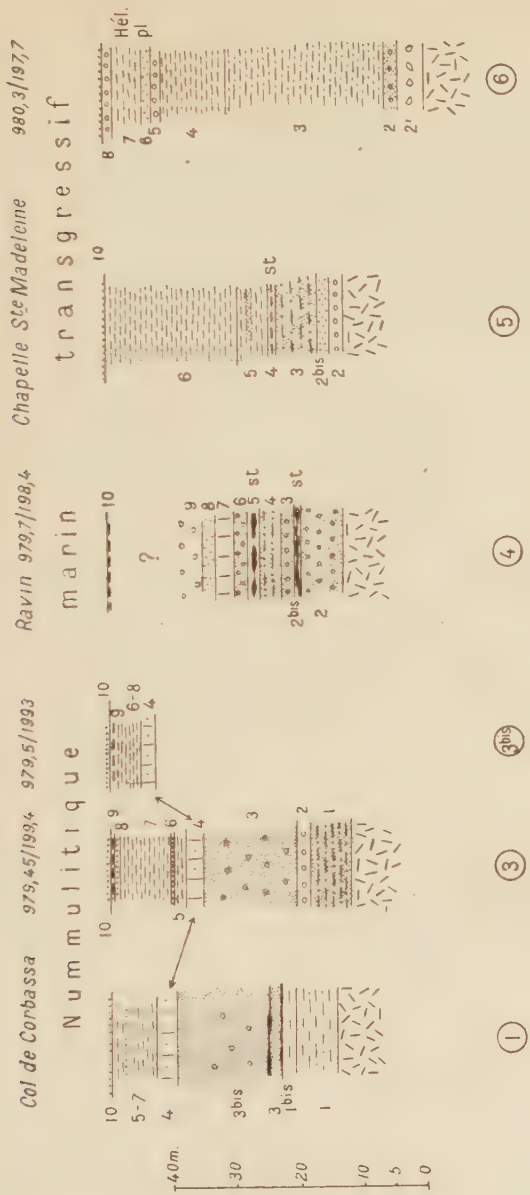


FIG. 5. Profils comparés des couches à *Microcodium* à l'W du massif des 4 Cantons. Mêmes numéros que sur les profils fig. 3 et 4. Même légende.

trop les conglomérats à *Microcodium* sont surmontés par des conglomérats à *Nummulites millecaput* et par des bancs à *N. uro-niensis* qui leur fixent aussi un âge antérieur au Lutétien supérieur.

4. RÉGION A L'W DE DALUIS. — Avant de gagner les massifs plus septentrionaux formant ligne de partage entre les bassins de la Tinée et du Var, il est important de signaler une observation de l'abbé P. Bordet.

Celui-ci, en effet ¹, a observé dans les barres de Martignac, à l'W de Daluis, le Sénonien supérieur surmonté, à l'W, d'une grande faille subméridienne, par des poudingues à *Microcodium* puissants de près de 50 m. Provenant du sommet 1 102 (Malancia), une plaque mince de Sénonien à Rosalines montre en abondance des débris de *Microcodium*. Il ne saurait être question de rapporter ces cristaux à des prismes d'Inocérames car ils conservent partiellement la disposition en rosettes des prismes de calcite des *Microcodium*.

Cette observation montre qu'ici les *Microcodium* sont apparus, vraisemblablement dans des faciès marins, dès la fin du Crétacé supérieur. L'auteur n'a pas précisé l'âge du Nummulitique transgressif qui semble toutefois appartenir au Lutétien supérieur.

5. MASSIF DU MONT ROGNOSO ET VALLON DE DEMANDOLS. — La couverture nummulitique réapparaît à l'W du Mounier, dans le massif jalonné par la Tête de Méric (2,8 km au NNW de Guillaumes), la crête de Rocca Maire et le mont Rognoso lui-même [Faure-Muret et Fallot, 1950].

a) *Tête de Méric-Rocca Maire*. Les couches à *Microcodium* nous ont paru manquer dans toute la crête de Rognone unissant la Tête de Méric à Rocca Maire. Leur limite paraît se trouver sous cette arête car elles apparaissent dans une boutonnière au versant sud de Rocca Maire et au sommet de cette montagne.

Leur faciès est différent de ce que nous avons décrit plus à l'E. Ils'agit d'un conglomérat de 1 à 3 m, formé de galets ovoïdes ou ronds de 3-4 cm de diamètre, en majorité jaunes avec quelques cailloux noirs ou sombres. Le ciment qui les unit est exclusivement formé de *Microcodium*.

b) *Mont Rognoso*. Ce mince horizon peut être suivi à la vue dans les escarpements septentrionaux qui unissent Rocca Maire au sommet du mont Rognoso. Il y admet non seulement des galets roulés mais des blocs très anguleux trouvés dans les éboulis. Il devient accessible au N de ce sommet où on peut le couper en montant du col de Pal par une sente et une cheminée non portées sur la carte.

1. BORDET P. (1950). Le dôme permien de Barrot et son auréole de terrains secondaires. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, t. XLVIII, n° 228, p. 15, ne mentionne que succinctement la série stratigraphique. Les détails inédits nous ont été donnés aimablement par cet auteur.

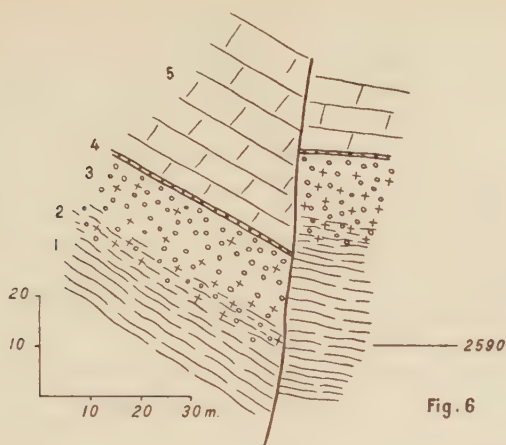


Fig. 6

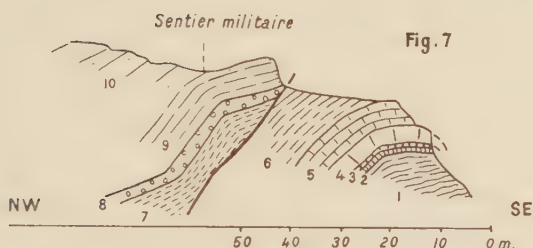


Fig. 7

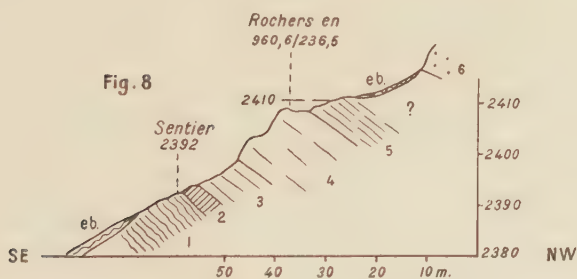


Fig. 8

FIG. 6. — Les couches à *Microcodium* dans les escarpements ouest du mont Rognoso.

FIG. 7. — Pointement des couches à *Microcodium* au NW du Camp des Fourches.

1 : Sénonien ; 2 : couche à *Microcodium* presque massifs sans conglomérats, 2 m ; 3 : poudingue à éléments siliceux, 1,50 m ; 4 : calcaires à rares Nummulites, 3 m ; 5 : calcaire à petites Nummulites, quelques mètres ; 6 : marno-calcaires jaunes (« Flysch priabonien »), 15-20 m ; 7 : Flysch noir coupé par une faille ; 8 : grès tendre à cailloutis, 2,50-3 m ; 9 : Grès d'Annot très blanc ; 10 : Grès d'Annot gris.

FIG. 8. — Position des couches à *Microcodium* près de la batterie cote 2366.

Le bas du versant est formé de Sénonien.

Vers 2 590 m apparaissent les poudingues à Algues (1, fig. 6). Ils débutent par des cailloutis noyés dans les couches terminales du Sénonien et associés à des *Microcodium* (2). Ce n'est qu'après une dizaine de mètres que graduellement se réalise le conglomérat typique à galets jaunes (3), mais, durant le passage, la proportion des Algues diminue.

Le Nummulitique vient ensuite vers 2 615 m environ. Sa base est représentée par un lit de 0,50 m de poudingues à Nummulites (4) sans *Microcodium* que surmonte du calcaire à *N. striatus* (5) jusqu'au voisinage du sommet.

Au revers sud-ouest du Rognoso les escarpements du Nummulitique sont difficilement franchissables. Le niveau à *Microcodium* peut être suivi jusque vers le point 962,5/217,8 où il disparaît par effilement.

c) *Haut vallon de Demandols*. Symétrique du mont Rognoso par rapport au col de Pal, règne une arête escarpée qui, orientée SW-NE, domine le vallon de Demandols. Elle débute à la cime de Pal et, jalonnée par les cimes de Bollofré et des Trois Hommes, le Bec de Marsiglia et le mont Pierre Chatel, se termine par le mont Aunès à 2,5 km au SW de Saint-Étienne-de-Tinée.

Au revers sud-ouest de la cime de Pal qui domine le ravin de Moulière, la couche à *Microcodium* est puissante d'une vingtaine de mètres. Elle consiste en un conglomérat où, à des galets bien roulés, s'associent des blocs de 20 à 40 kg complètement anguleux. Parmi ces matériaux dont l'origine ne nous est pas connue, l'un de nous [Faure-Muret, sous presse] a déjà signalé des débris d'une roche basaltique très décomposée. C'est le seul endroit où nous soient connus des éléments volcaniques dans le niveau à *Microcodium*.

Celui-ci réapparaît au N de la cime de Pal, dans un cirque qui la sépare de la crête du Bollofré.

Là, le Sénonien qui règne jusqu'à 2 525 m est surmonté par quelques mètres de poudingues à Algues. Le conglomérat de base du Nummulitique les ravine sans discordance. Il supporte des calcaires à *Nummulites striatus*.

Les couches à *Microcodium* sont ici encore assez bréchoïdes et contiennent des blocs de 30 à 50 cm très anguleux. Le ciment est presque uniquement formé de *Microcodium*.

L'horizon se poursuit vers le N. Inaccessible, il tranche par sa teinte jaunâtre dans les à-pic du Bollofré où l'on peut à la jumelle en suivre l'aminçissement puis la disparition vers le N, avant la transversale de la Baisse des Trois Hommes.

6. MONT AUNÈS-VALLON DE SESTRIÈRES-POINTE GIASSIN. — Nous ne l'avons plus retrouvé de ce point jusqu'au mont Aunès où le Nummulitique à *N. aturicus* paraît reposer directement sur le Sénonien.

Mais cette interruption ne représente pas la terminaison de ce curieux dépôt. En effet, si le contact entre Sénonien et Nummulitique ne nous a pas permis de le retrouver au N du bas vallon de Giallorgues, non plus que dans le versant septentrional du bas vallon de Sestrières, des indices apparaissent un peu plus au NE, à la Pointe Giassin (NNE de Saint-Dalmas-le-Selvage).

Nous avons montré ailleurs [Faure-Muret et Fallois, 1950] que, contrairement aux vues de L. Bertrand [1896] et de M. Mainguy [1937], la série nummulitique fait suite, là, en concordance, au Crétacé terminé très normalement par le Sénonien que surmonte un conglomérat sombre du Nummulitique transgressif.

Si nous n'y avons pas observé la couche à *Microcodium* elle-même, des plaques minces nous ont révélé des débris de ces organismes, de sorte que le niveau a dû exister au moins localement.

7. ABORDS DE BOUZIEYAS. — Le niveau à Algues réapparaît à la base du Nummulitique qui domine Bouzieyas.

Au pied de l'éperon 2619 prolongeant au S la cime de Pelousette, cette formation pointe sous les éboulis, accompagnée de Nummulitique. On peut l'observer au-dessus et au-dessous du sentier qui suit, en contre-bas, la route du camp des Fourches au col de Granges Communes.

Plus au N que ces pointements, une bonne coupe s'observe au NW du camp dans le versant est de l'éperon 2649, vers 2 400 m d'altitude (fig. 7).

On retrouve la même succession en suivant le sentier qui monte de la batterie 2366 vers la cime de Pelousette, une fois passée la grande faille de la Tête Carrée dont le rejet est de l'ordre de 300 m.

Près du point coté 2392, la succession est la suivante (fig. 8) :

- | | |
|---|-----------|
| 1) Sénonien. | |
| 2) Niveau à <i>Microcodium</i> plus ou moins dilacérés dans la roche. | 3 m |
| 3) Calcaires lités. | 10 m |
| 4) Calcaires massifs à <i>N. striatus</i> . | env. 15 m |
| 5) Marno-calcaires jaunâtres (« Flysch ») du Priabonien. | env. 8 m |
| 6) Grès d'Annot et éboulis. | |

Ainsi le niveau à *Microcodium* règne sous le massif de la cime de Pelousette, mais il y est très réduit. La proportion des éléments roulés y est faible ou nulle selon les points. De plus les galets

roulés n'y présentent plus les teintes jaunes qui règnent dans le haut vallon de Demandols.

8. MASSIF DE RESTEFONDS ET LAUZANIER. — Nous ne citerons ici que deux jalons qui suffisent à établir le raccord avec les formations à *Microcodium* que nous allons retrouver bien développées plus à l'E.

L'un s'observe à l'W de la petite plaine alluviale des Sagnes en contrebas du sentier qui, partant de la cote 1 694, dans le vallon de Granges Communes, suit le flanc ouest de la vallée vers le N. A peu près en 957,75/241,3 ce sentier passe, vers 2 000 m, sur du flysch et du calcaire nummulitique. Ce dernier est collé aux calcaires crétacés qui forment un petit escarpement ; mais au contact apparaît un très mince liseré de couches à débris de *Microcodium*.

Trois kilomètres au SE des Sagnes, la tête du ravin du Lauzanier montre en amont du lac des affleurements beaucoup plus importants. En montant au lac de Derrière-la-Croix l'on observe le contact, pendant à 25° vers le N, de la base des Grès d'Annot sur le « Flysch » priabonien et les calcaires nummulitiques. Ceux-ci, comme Jean Boussac [1912, p. 134] l'avait signalé, montrent un beau développement de Lutétien supérieur (= Auversien) à *Num. aturicus* et *N. striatus*¹.

La photographie de Boussac [1912, pl. III, fig. 1] montre bien l'allure des couches. Mais le sentier du lac de Derrière-la-Croix se trouve plus à droite que le champ de son cliché. C'est ce sentier qui coupe sous le Lutétien deux passées de conglomérats séparées par un banc à *Microcodium*.

Ces quelques notations suffisent à montrer que, sauf lacunes locales, l'intercalation à *Microcodium* s'étend, toujours dans la même position stratigraphique, dans l'autochtone du N du massif du Mercantour, jusqu'à la frontière italienne. Nous allons le retrouver dans la vallée de la Haute-Stura, où nous l'avons étudié en compagnie du professeur Sergio Conti, de Gênes et de M. Rolley, ingénieur en chef du Génie rural.

9. AUTOCHTONE A L'W DE BERSEZIO. — Bersezio est construit rive gauche de la Haute-Stura, sur le Sénonien, les couches à *Microcodium* et le calcaire nummulitique, recouverts d'éboulis et de Glaciaire.

Le chemin en lacets qui monte vers Ferrière et le col de Pour-

1. M. Mainguy [1937] n'a pas retrouvé ces couches et a nié leur présence. Nous sommes en mesure de confirmer formellement les observations du grand stratigraphe alpin.

riac coupe ces trois formations dans l'éperon escarpé de calcaire nummulitique qui domine Bersezio au SW. Sur le Sénonien, l'horizon à *Microcodium* est marno-calcaire et contient ces formes en amas diffus.

La bande à *Microcodium* épaisse de 5-6 m passe vers 2 058 m, se suit dans les pâturages en direction de la Punta d'Inciano. Elle est bien visible dans les escarpements à l'E du sommet 2 575 et se poursuit au revers sud de la crête (fig. 9).

Ici, plus encore qu'aux abords de Bouzieyas, les galets sont rares et les *Microcodium*, noyés dans les marno-calcaires, y présentent un beau développement. Mais il n'y apparaît aucun Microforaminifère. Quant au Nummulitique, ses couches de base sont totalement stériles. Des plaques minces, prélevées dans le banc *a*, au contact de la couche à *Microcodium* (3), n'ont montré que des traces recristallisées dont il est impossible de deviner l'origine. Ce n'est qu'au tiers supérieur de la formation qu'apparaissent des Nummulites du groupe de *striatus* seulement.

10. VALLONS DE CONFRENT ET DE SERVAGNO (affluents gauches de la Stura). — On retrouve les couches à *Microcodium* dans la gorge du vallon de Conforent, 2 km à l'W du mont Arpetto.

Le sentier, montant de Pontebernardo aux Gias de la Montagnetta, aborde la gorge par son flanc est où il sinue sur des calcaires d'abord du Néocomien, puis du Turonien, enfin sur un complexe à dominante calcaire coupé de niveaux à Nérinées. Le chemin tourne ensuite à droite et vers 2 000 m s'élève par des lacets dans un versant très incliné (à l'E des lettres *nt* de Conforent) parsemé de dalles de calcaires à Nummulites. Vers 2 050 m, il coupe des couches à *Microcodium*, en place, qui ne sont visibles que sur 3-4 m et supportent des couches à petites Nummulites.

Le torrent est suivi par une faille importante à regard nord-ouest et tout le Nummulitique du grand massif escarpé des Barricate est ainsi mis en contact avec le Crétacé du versant oriental de la gorge.

a) *Vallone de Servagno*. Au revers nord-ouest des Barricate règnent le Flysch nummulitique, sans doute priabonien, et le Grès d'Annot. Pour les atteindre, quittant le Vallone de Conforent, on passe vers l'W le Colle della Montagnetta (2 249) dont les Gias et les pâturages sont dominés au N par les magnifiques escarpements du Trias charrié. Les zones de dislocations, les éboulements de Trias et les glissements de terrain rendent l'observation difficile dans le haut ravin de Servagno dont le chemin suit le versant nord-ouest, mais la coupe devient claire vers 1 800 m d'altitude.

Le revers nord-ouest de la crête des Barricate est formé de Grès d'Annot pendant au NW. Une faille, que suit le torrent, relève le compartiment septentrional de sorte que le Crétacé supérieur réapparaît dans ce versant. Le chemin, environ à 600 m de Servagno, permet d'observer sur le Sénonien un bel horizon à *Microcodium* surmonté par des calcaires nummulitiques (non portés sur la carte italienne).

Dans ces deux vallons, le niveau à *Microcodium* est extrêmement peu conglomératique.

b) *Région de Moriglione et Rocche Bianche*. Moriglione S. Lorenzo, bâti sur le gneiss, est dominé au NE par le massif de l'Arpetto, où l'on reconnaît, de bas en haut, le Trias riche en cargneules, un Jurassique assez réduit, le Néocomien à *Duvalia*, lité et pendant à l'ENE.

Une route militaire quittant Moriglione S. Lorenzo s'élève en lacets au flanc de l'Arpetto pour gagner les Gias de la Montagne.

Au NE de Il Pilone (cote 1901) les couches à *Microcodium* (fig. 10) sont uniquement marno-calcaires. Les *Microcodium* y sont noyés en masses arrondies de la taille d'un chou-fleur. Leur apparence est celle de touffes qui se seraient librement développées, tantôt isolées, tantôt accolées.

Vu l'absence de faunes dans le Crétacé supérieur et la valeur stratigraphique indécise de *N. incrassatus*, il plane une indétermination plus grande qu'ailleurs quant à l'âge des couches à *Microcodium*. Mais cet affleurement nous paraît important par l'aspect qu'y revêtent les Algues et qui est totalement inconciliable avec l'interprétation inorganique de M. Moret, comme avec l'hypothèse qu'il donne pour la formation des cristallisations.

Le Sénonien, les couches à *Microcodium* et le calcaire nummulitique pendant au N s'observent aisément jusqu'au point où ils sont coupés par la gorge du Rio Bianco. A l'E, cette série forme le flanc sud et les pâturages du mont Bersaio. Il semble que les couches à *Microcodium* se poursuivent dans la falaise des Rocche Bianche. On les retrouve, en tout cas, au revers sud-est du Bersaio où elles forment un mince délit aboutissant vers le point 1 697, à l'amont de la gorge du Vallone della Madona della Chiappa.

11. VAL DE NEBIUS. — Orienté NW-SE, ce ravin débouche dans la vallée du Torrente Neraissa, affluent gauche de la Stura qu'il atteint à Vinadio.

Le versant sud-ouest du haut val de Nebius est dominé par le sommet du mont Nebius, taillé dans le Crétacé supérieur, qui dessine le flanc d'un anticlinal légèrement déversé au NE. La série

comporte ici un Sénonien surtout calcaire et apparemment moins pélagique que sur le versant français de l'Argentera-Mercantour. Très redressé, il supporte un horizon à *Microcodium* puissant de près de 40 m auquel font suite des calcaires à *Num. striatus* sans grandes Nummulites.

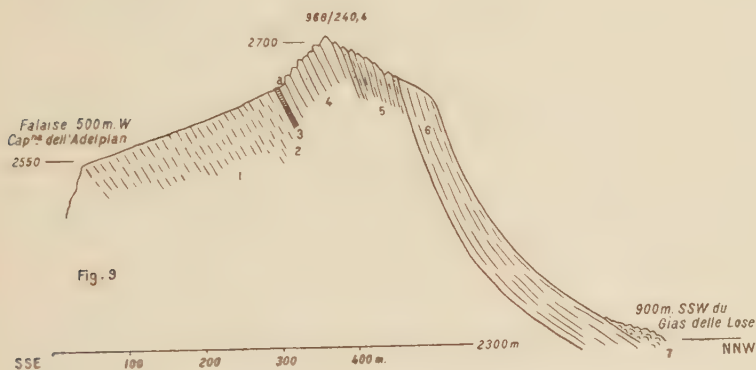


Fig. 9

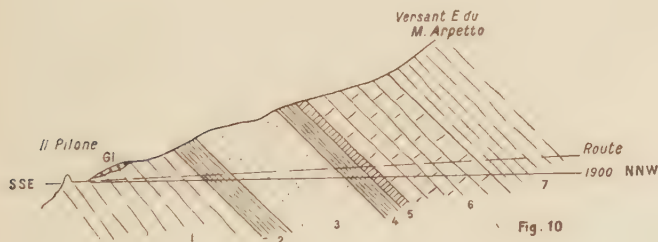


Fig. 10

FIG. 9. — Position du niveau à *Microcodium* dans la crête 966/240, (coord. franç.) à l'W de P^{ra} d'Inciano.

1 : calcaires lités du Sénonien ; 2 : calcaires jaunes en feuillets irréguliers du sommet du Sénonien, 12 m ; 3 : couches à *Microcodium*, 2,50 m ; 4 : marno-calcaires gris gréseux stériles, env. 100 m ; 5 : marno-calcaires analogues, à *Nummulites* cf. *striatus* ; 6 : marno-calcaires jaunes du « Flysch » priabonien avec dents de Squales et grands *Cancellophycus* ; 7 : éboulis.

FIG. 10. — Position du niveau à *Microcodium* au NW de Il Pilone, cote 1901.

1 : calcaires lités en bancs réguliers présentant le faciès de ce que, sur la feuille Saint-Étienne, nous avons rapporté au Turonien ; 2 : calcaires en plaquettes, (au microscope, la roche totalement écrasée ne montre aucun reste déterminable), 6-7 m ; 3 : calcaires gréseux stérile à galets de micro-grès et à albite de néo-formation, env. 40 m ; 4 : calcaires, en plaquettes stériles, 7-8 m ; 5 : marno-calcaires à *Microcodium*, 5 m ; 6 : calcaire à *Num. incrassatus*, 40 m ; 7 : marno-calcaire jaunes durs à faciès priaboniens, env. 100 m ; Gl. : Glaciaire. Nous attribuons par continuité les horizons 2-4 au Sénonien.

Le pli s'allonge vers le NW. Le Nummulitique en recouvre le sommet et le flanc méridional. Il se complète ici de Grès d'Annot dont une partie a glissé, mais qui sont chevauchés dès le versant oriental du col de Mura delle Vinche par le front de la nappe à Trias briançonnais.

Le pli se prolonge plus au NW encore. C'est sa série crétacée qui forme les falaises des Rocche Bianche. L'on voit ainsi que le petit affleurement du point 1697 dans la gorge de la Madonna della Chiappa forme un jalon entre les couches à *Microcodium* de Il Pilone 1901 et celles du val Nebius. Mais sur cette distance de 3-4 km, leur faciès change complètement. De marno-calcaire au N, elles deviennent très détritiques au S, où, sauf quant à leur puissance localement plus grande, elles reproduisent le type que, 35 km au S, de l'autre côté du massif cristallin, nous leur connaissons au Tournaiet.

12. REMARQUE SUR LE NIVEAU A *MICROCodium* EN HAUTE STURA. — Nous n'avons pas étudié les régions situées à l'E du vallon Nebius. Mais depuis ce ravin, soit en suivant des bandes continues, soit par des recoupements rapprochés les uns des autres, nous avons pu établir la constance de la formation jusqu'au NE du col de Pourriac sur une distance d'environ 20 km.

Elle appartient sur toute cette extension à l'autochtone. Sauf dans le vallon Nebius, où il est assez chargé d'éléments détritiques, l'horizon est plus marneux que sur le versant français, il comporte beaucoup moins de galets roulés et les *Microcodium* y forment des touffes arrondies qui évoquent un libre développement au cours de la sédimentation.

Les marno-calcaires ne nous ont fourni aucune microfaune.

Comme, notamment au N de Il Pilone 1901, l'horizon est d'un faciès différent de celui du Sénonien subordonné, nous ne pouvons, faute de preuves par des microfaunes, établir la continuité de la sédimentation du Crétacé supérieur aux couches à *Microcodium*. Mais celles-ci sont beaucoup plus liées par leur faciès au Sénonien qu'au Nummulitique qui les surmonte et qui, dès sa base, évoque une transgression et un régime sédimentaire totalement différent.

Dans tout le secteur étudié, les grandes Nummulites font défaut et la transgression paraît s'être produite plutôt au Bartonien qu'au Lutétien supérieur.

III. Conclusion.

Coordonnant simplement et interprétant les conclusions des paléontologistes et les données stratigraphiques résumées dans les pages qui précèdent, nous pouvons proposer ici une mise au point des problèmes posés par cette étrange formation qui, chose curieuse, avait passé inaperçue jusqu'à 1945.

NATURE DES *MICROCODIUM*. — Les *Microcodium* sont donc connus dans le Danien des Pyrénées. M. Cuvillier [1951] en a figurés du Maestrichtien d'Aquitaine. L'abbé Bordet en a trouvé dans le Maestrichtien pélagique du S de Daluis, comme nous dans le Sénonien terminal du mont Rognoso. Ceux qui caractérisent le niveau étudié ici appartiennent à l'autochtone des alentours du massif de l'Argentera-Mercantour et se situent entre le Sénonien et le Lutétien supérieur. Cayeux [1929] a mentionné ces cristallisations dans les meulières de Brié qui sont lacustres et oligocènes. Les formes types de Glück sont du Miocène moyen de Bavière. Enfin, M. Johnson [1953] vient d'en étudier qui proviennent du Miocène indéterminé du Pacifique.

Nous noterons déjà qu'une répartition verticale si variée et une dispersion géographique si vaste sont peu conciliables avec l'hypothèse formulée par M. Moret, tendant à expliquer par des phénomènes sédimentaires et minéralogiques exceptionnels le dépôt de ces cristallisations.

Dans le cadre de cette étude nous trouvons d'autre part des arguments stratigraphiques déterminants pour appuyer la thèse de M. Johnson.

La base des couches à *Microcodium* où l'on voit le passage du Sénonien au conglomérat, et l'apparition, dès le début, de ces organismes ; la disposition des *Microcodium* en nids dans les assises marquées d'influences continentales du N de Sainte-Madeleine ; leur développement en touffes dans les couches de l'Aution et surtout dans les marno-calcaires de Il Pilone et la coupe du massif d'Inciano ; leur mode de gisement dans les marno-calcaires au N de Bouzieyas ; leur répétition dans des bancs superposés comme au revers du mont Cialancias et surtout dans le massif des 4 Cantons ; leur apparition, quelque fugace qu'elle soit, dans le Maestrichtien pélagique ; tous ces caractères stratigraphiques paraissent totalement inconciliables, tant avec des cristallisations fortuites dans les sédiments, qu'avec les précipitations invoquées par L. Moret. Ils s'accordent au contraire avec les

conclusions de J. Harlan Johnson qui comme Favre en fait des organismes voisins des Algues.

AGE DES COUCHES A *MICROCODIUM*. — Dans le cadre de cette étude nous constatons que dans l'Autien et au Tournaiet, la formation à *Microcodium* ne peut être que plus ancienne que le Lutétien moyen. Ailleurs et jusqu'en Italie, tous les profils, sauf un seul, la montrent subordonnée à des assises du Lutétien supérieur mais toujours directement superposée au Sénonien et concordante avec lui.

Les plaques minces de l'abbé Bordet établissent qu'il y eut déjà des *Microcodium* dans la mer maestrichtienne.

La continuité des assises du massif d'Inciano, celle que l'on observe dans la région de Moriglione, celle qui ressort de la coupe du mont Rognoso, inciteraient à lier ici la formation à *Microcodium* plutôt au Sénonien qu'au Nummulitique.

On serait donc tenté de situer nos couches à *Microcodium* au Dano-Montien, comme M^{me} Rech-Frollo [1948], dans les Pyrénées.

Mais l'étude du massif des 4 Cantons apporte des arguments tout opposés et d'ailleurs difficilement conciliables.

Les Pulmonés qui sont associés aux couches violacées intercalées entre les bancs à *Microcodium* postulent d'après les savantes déterminations de M. P. Jodot un âge lutétien élevé.

Les formes qui, 30 m au-dessus des *Microcodium*, accompagnent les marno-calcaires terminant la série n'ont pas permis de fixer l'âge de ce niveau, mais il faudra le réétudier,

En revanche, la transgression du Nummulitique ne peut être, au plus tard, qu'auversienne (= Lutétien supérieur).

Il faut donc déjà attribuer aux espèces citées un âge plus bas qu'on ne l'admet couramment.

L'autre terme du dilemme est fourni par les niveaux 6 à 8 à Rosalines qui, à la coupe 4 de Sainte-Madeleine, s'intercalent entre les couches à *Microcodium* et la série continentale supérieure.

Au SE du col de Corbassa (fig. 3, prof. 3) les marno-calcaires inférieurs contiennent déjà des nids à *Microcodium*.

M. Sigal nous a bien dit, et tel est aussi l'avis du professeur M. Reichel que l'on ne peut affirmer que les Foraminifères du profil 4 ne sont pas remaniés. Il n'y a, par contre, aucun indice micrographique permettant d'attribuer ces horizons à des dépôts en eau douce. Il faut donc admettre ici, après la prolifération des *Microcodium*, une récurrence marine. Si elle était tertiaire, on devrait y trouver des Foraminifères éocènes ce qui n'est le cas dans aucune de nos préparations.

Si nous ne mettons pas en doute l'âge fixé par les Strophostomes et les Paléoglandines, il nous faut admettre des vicissitudes stratigraphiques fort complexes et quasi inconciliables.

La première couche à *Microcodium* serait encore du Crétacé terminal. Après une longue émergence, la première passée à Strophostomes daterait du Lutétien.

La flore à *Microcodium* se serait alors répandue à nouveau dans les eaux dessalées ou douces, comme M^{me} Rech-Frollo l'envisage pour le faciès des « Poudingues fleuris ».

Une transgression marine apportant des microfaunes remaniées — alors que les couches sénoniennes de base n'en comportent presque pas — aurait marqué un premier début de la sédimentation nummulitique marine.

Ensuite se serait établi à nouveau un régime d'eau douce, clos par le dépôt des marno-calcaires à *Planorbis* et à *Melanoides*.

Ces événements se seraient produits pendant un laps de temps très court après lequel la transgression du Lutétien supérieur aurait définitivement envahi la région.

L'interprétation de cette coupe et sa coordination avec toutes les autres seraient bien plus simples si les Strophostomes pouvaient être apparus, comme dans les Carpathes ou dans les couches de Gosau, déjà au Danien. Mais le stratigraphe est l'esclave de la Paléontologie et tout ce qu'il peut faire c'est de signaler les faits contradictoires en attendant une explication plus satisfaisante.

Quoi qu'en dise M. Jodot [1943, p. 60 et 64], dans la région où nous le connaissons, l'horizon à *Microcodium* fournit par son faciès et son rôle morphologique sur plus de 3 000 km² un repère excellent qui sépare toujours le Sénonien supérieur marin du Nummulitique marin. Comme l'horizon ne mesure que de 2 à 25 m de puissance, il constitue une petite série qui peut utilement être distinguée cartographiquement.

C'est une autre question de savoir si tous les dépôts à *Microcodium* y sont exactement synchroniques.

Au S de Daluis, au mont Rognoso comme dans la haute Stura, il est difficile d'admettre que ces organismes ne soient pas déjà apparus à la fin du Sénonien. Il est fort possible, sinon probable, que les conglomérats à *Microcodium* du massif de l'Aution soient à peu près du même âge.

Les *Microcodium*, ainsi arrivés au Crétacé supérieur, ont pu, un peu plus tard, peut-être à l'Éo-Nummulitique, proliférer dans une mer expirante ou dans un milieu partiellement dessalé, de faible profondeur.

En revanche, dans la région de Sainte-Madeleine, même si l'on

attribue leur apparition à des passées marines, la présence des Strophostomes et des Paléoglandines décrites par M. P. Jodot obligerait à considérer que ces Algues ont survécu ici jusqu'à la fin du Lutétien moyen. Dans le même temps, vers l'Aulion-Millefourches et le Tournairet, la mer à *Nummulites aturicus* était déjà arrivée et ravinaït des dépôts à *Microcodium*.

En somme, ces Algues ambiguës, apparues ici dans les dépôts marins du Crétacé supérieur, ont proliféré pendant l'entracte qui séparait la fin de la sédimentation pélagique sénonienne de la transgression par à-coups des mers lutétienne puis bartonienne.

Durant cette période, des cailloutis peu épais se répandirent dans des eaux impréfondes. La sédimentation fut très réduite et les *Microcodium* semblent être les seuls organismes marins — ou d'eau dessalée — qui aient proliféré plus ou moins longtemps selon la durée locale de l'entracte. Mais comme l'on ne peut faire de distinction entre les *Microcodium* des divers gisements et comme, hormis à Sainte-Madeleine, aucun autre fossile ne les accompagne, il n'est pas possible de définir de subdivisions dans les couches qu'à eux seuls ils caractérisent et qui, dans leur minceur, fournissent au cartographe un important repère.

BIBLIOGRAPHIE

- BERTRAND L. (1896). — Étude géologique du Nord des Alpes Maritimes. Thèse, *Bull. Serv. Carte géol. France*, t. IX, n° 56.
- BOUSSAC J. (1912). — Études stratigraphiques sur le Nummulitique alpin. *Mém. Expl. Carte géol. France*.
- CAYEUX L. (1929). — Roches siliceuses. *Ibid.*
- CUVILLIER J. (1951). — Corrélation stratigraphiques par micro-faciès en Aquitaine occidentale. Leiden, E. J. Brill, pl. LVIII, fig. 2.
- FAURE-MURET A. — Études géologiques sur le Massif de l'Argentera-Mercantour et ses enveloppes sédimentaires. *Mém. Expl. Carte géol. France* (en cours d'impression).
- FAURE-MURET A. et FALLOT P. (1950). — Observations sur le Nummulitique des abords SW de Saint-Étienne-de-Tinée et du N du Tournairet (feuilles Saint-Étienne-de-Tinée et Saint-Martin-Vésubie au 50.000^e). *Bull. Serv. Carte géol. France*, t. XLVII, n° 226, p. 119-131.
- JODOT P. (1935). — *Microcodium elegans* GLÜCK du Miocène de Bade ne semble pas être une Algue. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 52-53.
- (1953). — Faunule malacologique du Lutétien continental de Sainte-Madeleine (A.-M.). *B. S. G. F.*, (6), III, p. 59-63.
- JOHNSON J. Harlan (1953). — *Microcodium* GLÜCK est-il un organisme fossile ? *C. R. Ac. Sc.*, t. 237, p. 84.

- MAINGUY M. (1937). — La transgression nummulitique à l'W du Mercantour. *B. S. G. F.*, (5), VII, p. 401.
- MORET L. (1952 a). — Curieuses cristallisations de calcite attribuées à tort à des Algues dans la partie terminale du Crétacé supérieur alpin et pyrénéen. *C. R. Ac. Sc.*, t. 235, p. 762-764.
- (1952 b). — Curieuses cristallisations de calcite attribuées à des algues (*Microcodium*) dans la partie terminale du Crétacé supérieur alpin et pyrénéen. *Trav. Lab. Géol. Grenoble*, t. XXX, p. 55-59, 1 fig., 1 pl. photo.
- RECH-FROLLO M. (1948). — Conditions lacustres en milieu marin. Le Danien de la partie orientale du sillon nord-pyrénéen. *B. S. G. F.*, (5), XVIII, p. 115-122.

OBSERVATIONS.

M. P. JODOT — Deux niveaux stratigraphiques de Mollusques continentaux de Sainte-Madeleine sont très exactement datés du Lutétien supérieur : chacune des espèces en cause, indépendamment les unes des autres, est repérée, soit dans ce sous-étage, soit dans l'étage. Ainsi la position stratigraphique des couches à *Microcodium* est bien encadrée. Au sujet des *Microcodium*, je confirme ce que j'ai dit dans mes notes de 1935 et 1953. L'aspect extérieur des agrégats de calcite lamellaire ne signifie rien. Tant qu'on ne figurera pas la microstructure organisée de pores, canaux et chambres sporangiques, on ne sera pas autorisé à rapporter *Microcodium* à une Algue. Admettons que cette démonstration se réalise : dans ce cas, on doit pouvoir, du point de vue morphologie paléontologique, mettre en évidence un certain nombre de caractères différentiels entre les *Microcodium* d'âges variés, et reconnaître plusieurs espèces : Aptien en Aquitaine, Crétacé supérieur et Lutétien dans les Alpes, Helvétien du Jura badois (*Microcodium elegans* GLÜCK, type du genre), Sarmatien du Locle dans le Jura ¹. Je laisse de côté l'« Algue » sannoisienne non nommée de la meulière de Noisy-le-Grand ². Or, on ne paraît même pas avoir remarqué de modifications morphologiques dans la constitution des agrégats des lamelles calciteuses de ces diverses séries stratigraphiques. La répétition de niveaux à *Microcodium*, aussi bien au cours des étages géologiques que dans le Lutétien autour du Mercantour, implique l'existence spéciale de conditions d'équilibre, qui, en se répétant dans les niveaux lithologiques, faciliteront la formation des agrégats calciteux. Les minéralogistes savent, peut-être, quand et comment de telles cristallisations se forment : il conviendrait de les interroger.

Mme Y. GUBLER. — La présence de *Microcodium* à la base du Lutétien lacustre du plateau d'Arraches et du Rocher Blanc sur la rive droite et la rive gauche de l'Arve dans la chaîne des Aravis, leur présence dans le bassin de l'Ubaye à la base de la transgression marine de l'Auvervien laisse supposer qu'il s'agit d'organismes (si tant est qu'ils en soient) adaptés à des conditions de milieu particulières précédant ou contemporaines d'une désalure.

1. FAVRE J. (1937). *Mém. Soc. pal. suisse*, vol. LX, p. 39, pl. 3-4.

2. CAYEUX L. (1929). Roches siliceuses, *Mém. Expl. Carte géol. France*, p. 637, pl. XXVII, fig. 107.

M. CUVILLIER, qui croit plutôt à une structure organisée du *Microcodium*, les a bien rencontrés au Maestrichtien et au Danien mais aussi à l'Aptien. Ce sont les organismes énigmatiques dont il a montré la structure « en choux-fleurs » dans ses « Corrélation stratigraphiques par microfaciès en Aquitaine occidentale ».

RÉPONSE DE M. P. FALLOT.

Les auteurs se sont défendu de reprendre le problème des *Microcodium* sous le point de vue paléobotanique qui est en dehors de leur compétence. Ils ne discutent pas davantage la création par G. Andres¹ du genre nouveau *Limnocodium*, pour la seule raison que les formes qu'il décrit sont du Tortonien d'eau douce. Mais ils sont d'accord avec M^{me} Gubler pour évoquer, lors de la prolifération des *Microcodium* du SE de la France, un milieu moins salé que l'eau de mer normale.

Quant à l'avis des minéralogistes invoqué par M. Jodot, les auteurs rappellent que M. Johnson s'est précisément — et selon l'heureux esprit d'équipe des Américains — associé des spécialistes en minéralogie, lithologie, etc., pour élaborer le mémoire qu'il publie aux États-Unis et dont sa note [1953] est un bref résumé en français. La question soulevée par M. Jodot est donc déjà résolue par la négative.

Le problème stratigraphique est d'ailleurs le plus délicat. A Sainte-Madeleine, M. Jodot date exactement du Lutétien supérieur les intercalations à Strophostomes. Or, 30 m au-dessus d'elles commence le Lutétien supérieur marin qui mesure ici plus de 100 m de puissance. La difficulté, non encore vaincue, est de concilier les données fournies au malacologiste par l'étude des Pulmonés avec celles qui fixent l'âge du Nummulitique marin surincombant.

Quant à la découverte très intéressante de *Microcodium* dans l'Aptien signalée par M. Cuvillier, elle se concilie parfaitement avec l'interprétation biologique de M. Johnson, mais, pas plus que pour les faits cités ici, avec l'hypothèse de M. Moret.

1. ANDRES G. 1952). *Geol. bavarica*, Bd. 14, p. 41-47.

ÉTUDE GÉOLOGIQUE ET PÉTROGRAPHIQUE DU SILL DE MIREFLEURS (COMTÉ D'Auvergne)

PAR Robert Michel ¹.

Sommaire. — L'étude géologique et pétrographique de la lave de Mirefleurs (Comté d'Auvergne) montre qu'il s'agit d'un sill d'andésite β' à haüyne, d'âge probablement stampien supérieur. Cette intrusion peut être considérée comme le type de gisement relativement profond du magma andésitique qui, à la même époque, a engendré, grâce à des intrusions sous-lacustres, les pépérites de Limagne.

Le village de Mirefleurs, sur la rive droite de l'Allier, à 13 km au SE de Clermont-Ferrand, est entièrement construit sur une table de lave située à la base du versant sud-ouest du puy de Saint-André, à la limite occidentale de la petite région naturelle qui porte le nom de Comté d'Auvergne.

L'affleurement volcanique en question, constitué par une lave d'un gris assez sombre, se développe sur 600 m environ de longueur dans le sens E-W et sur 350 à 400 m de largeur. Vers l'E, où il a été fortement mis en relief par l'érosion, il forme une falaise abrupte qui domine d'une quinzaine de mètres le terroir environnant. Sa surface supérieure présente une faible pente générale dans le sens E-W.

1^o GÉOLOGIE. — Le gisement de cette table de lave, notée en basalte sur les trois éditions successives de la feuille Clermont de la carte géologique au 80 000^e, a été diversement interprété.

Sur les deux premières éditions de cette carte (1887, 1907), on l'a considérée comme une coulée superficielle qui, étant donné son altitude relative faible par rapport au lit actuel de l'Allier (+ 72 m), était attribuée à un cycle récent (Pliocène supérieur).

Ph. Glangeaud [1909, p. 48] l'interprétait comme « une coulée de *téphrite néphélinique intrusive*, un véritable *sill* intercalé au milieu des calcaires jaunâtres magnésiens » ².

R. Pécoil [1938, fig. 3 et 4] pensait qu'il s'agissait d'un dyke basaltique traversant verticalement les marnes en gros bancs du Stampien moyen.

Sur la troisième édition de la carte géologique de Clermont (1939), il semble que ce soit cette dernière interprétation qui ait été retenue ; le basalte, dont

1. Note présentée à la séance du 15 mars 1951.

2. Souligné par l'auteur.

l'affleurement a été extrêmement réduit, paraît être attribué, d'après sa teinte, au Miocène.

Enfin M. Derruau [1949, p. 140] a revu, en compagnie de P. Bout, la lave de Mirefleurs et il conclut en faveur d'un sill interstratifié dans les sédiments stampiens.

J'ai étudié récemment les conditions d'affleurement de la lave de Mirefleurs. A la base de l'escarpement occidental, les éboulis empêchent toute observation. A l'E de Mirefleurs, au contraire, on peut constater aisément que la lave, dont l'épaisseur est réduite à 6 ou 7 m, sort presque horizontalement entre les bancs plus ou moins disloqués de marnes calcaires, verdâtres lorsqu'elles sont humides. Ces marnes, d'âge stampien moyen, sont surmontées, un

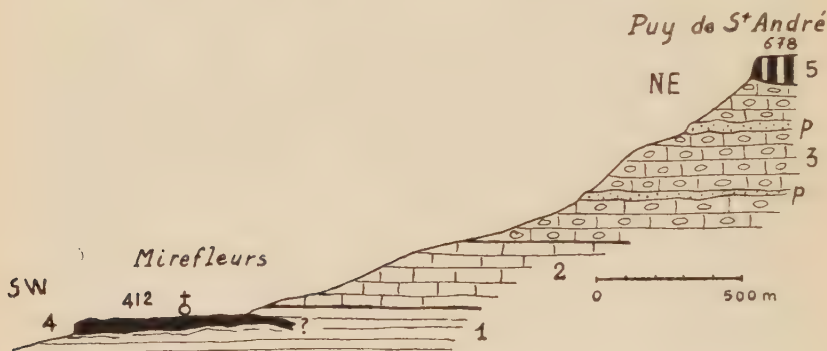


FIG. 1. — Coupe schématique du versant sud-ouest du puy de Saint-André.

1, 2 : Stampien inf. (1 : marnes vertes en gros bancs ; 2 : marnes et calcaires jaunâtres à Limnées et Planorbes) ; 3, 4 : Stampien sup. (3 : calcaires marneux et calc. concrétionnés à *Helix ramondi* avec lits pépéritiques interstratifiés (p) ; 4 : sill d'andésite à haüyne) ; 5 : Miocène, coulée de basalte basanitoïde.

peu plus à l'E, par une série de calcaires marneux et de calcaires jaunâtres à Limnées et Planorbes, qui appartiennent aussi au Stampien moyen ; au-dessus, à 80 m de la lave (en distance verticale), viennent enfin les calcaires marneux, avec pépérites interstratifiées, et les calcaires concrétionnés à *Helix ramondi* du Stampien supérieur (fig. 1). Cependant, c'est au-dessous de l'épanchement de lave, dans les profondes et nombreuses caves creusées par les habitants de Mirefleurs, qu'on peut faire les observations les plus intéressantes. Le long de véritables cheminées d'aération verticales, on peut, en effet, étudier facilement et en plusieurs points le contact entre la roche volcanique et les terrains sédimentaires. D'une part, ce contact est partout à peu près horizontal, ce qui exclut l'hypothèse d'un dyke vertical ; d'autre part, l'ab-

sence d'alluvions jalonnant un ancien thalweg fait éliminer l'hypothèse d'une coulée superficielle d'âge pliocène. Enfin, on peut noter des dérangements symptomatiques dans la stratification des assises marneuses qui semblent avoir subi une sorte de friction lors de la mise en place de la lave : quant à cette dernière, elle présente par endroits une ébauche de prismation subhorizontale très caractéristique.

Toutes ces observations conduisent à admettre qu'on a affaire à un sill injecté à peu près horizontalement dans les marnes vertes en gros bancs du Stampien moyen.

2° PÉTROGRAPHIE. — La lave qui constitue ce sill est d'un gris assez sombre : son grain est très fin. Sa composition minéralogique est la suivante :

Phénocristaux. — Quelques sections hypidiomorphes, faiblement corrodées, d'augite titanifère, nettement polychroïque dans les tons mauve-rosé ou vert très clair. Ces phénocristaux atteignent au maximum 0,8 mm et passent progressivement aux granules de dimensions microlitiques.

Très rares phénocristaux d'olivine (0,6 mm) altérée à la périphérie en serpentine ou pseudomorphosée en calcite.

Pâte. — Elle est principalement constituée par un feutrage de microlites de labrador (An 60) d'assez grandes dimensions (0,3 mm au maximum). Ils ensèrent de très nombreux granules xénomorphes d'augite titanifère et, beaucoup plus rarement, quelques granules xénomorphes d'olivine.

Au sein de cette pâte, les plages idiomorphes d'häüyne incolore, avec couronne d'inclusions submicroscopiques, ne sont pas rares.

La quantité de verre est à peu près nulle.

De nombreux granules de magnétite et quelques granules d'ilménite sont disséminés dans la pâte.

Accessoires. — Le remplissage de quelques soufflures, dont les dimensions sont de l'ordre de 2 mm de diamètre, présente des particularités intéressantes. Sur la bordure de ces soufflures, c'est-à-dire au contact de la pâte microlitique où apparaissent quelques paillettes de biotite, on note la présence de sections idiomorphes d'häüyne présentant les mêmes caractères que celles incluses dans la pâte. Ces sections sont entourées, sur les côtés non contigus à la pâte microlitique, par une bordure d'analcime isotrope non maclé. Le tout est ensuite englobé dans un cristal idiomorphe d'analcime pouvant atteindre 0,5 mm et présentant les macles des assemblages quadratiques et tricliniques. Enfin de la calcite xénomorphe en grandes plages comble le centre de la soufflure.

Cette disposition permet de penser que la häüyne, la biotite et la bordure d'analcime non maclé appartiennent à une phase pneumatolytique très précoce, probablement contemporaine de la fin de la cristallisation. L'analcime maclé en grandes plages idiomorphes et la calcite appartiendraient à une phase nettement plus tardive.

Structure. — Microlitique à tendance porphyrique, très faiblement hyalopilitique.

La composition chimique de cette lave est donnée par l'analyse 1 recalculée (la calcite secondaire a été dosée séparément et déduite de l'analyse brute).

Le calcul de la norme à partir de cette analyse montre que le rapport des coupholites aux barylites est de 1,77, ce qui amène un paramètre $p = \text{II (III)}$; de plus le rapport orthose/plagioclases est inférieur à 0,30. Ces caractères permettent d'identifier, dans la classification de A. Lacroix, une andésite. Il s'agit toutefois d'une lave à déficit de silice comme le montre, d'une part, la quantité de néphéline virtuelle formée au calcul (5,11 %; $q = 5'$) et, d'autre part, la présence, en faible proportion d'ailleurs, d'un feldspathoïde (häüyne) dans la roche même. Cependant, ce déficit de silice n'est pas assez accentué pour qu'on puisse diagnostiquer une téphrite.

	1	A	B
Si ² O.....	44,22	43,94	47,94
Al ² O ³	16,20	19,93	16,48
Fe ² O ³	2,88	3,36	4,17
FeO.....	7,08	6,36	6,52
MgO.....	6,46	5,19	5,99
CaO.....	7,88	10,99	7,81
Na ² O.....	3,64	2,91	4,45
K ² O.....	2,12	0,88	2,06
TiO ²	2,90	1,72	3,21
P ² O ⁵	0,69	1,11	0,96
MnO.....	0,15	0,14	0,20
H ² O +.....	4,51	0,74	0,10
H ² O —.....	1,27	2,65	0,05
Total.....	100,00	99,92	99,94

ANALYSE 1. — *Andésite* β' à *häüyne*. Mirefleurs. An. nouv. : C. Rouger (Clermont, 1952) : II (III). 5'. 3. 4 [2. 3. (1) 2. (2) 3].

ANALYSE A. — *Obsidienne andésitique* β' . Puy de Malintrat [Michel, 1953, p. 61] : II. 5. 4. 4' [2. 3'. (1) 2. '3].

ANALYSE B. — *Andésite* β' . Vindiolet [Michel, 1953, p. 80] : II'. 5. '3. 4 [(2) 3. 3. '2. (2) 3].

En définitive, on a affaire, dans la nomenclature de A. Lacroix, à une *andésite* β' à *häüyne* et non à un basalte, comme on l'avait cru jusqu'à présent.

Cette roche, si on excepte la présence de l'häüyne, présente

d'assez grandes ressemblances avec certaines laves de la Limagne que j'ai décrites récemment [Michel, 1953] et dont je rapelle ci-dessus les analyses chimiques à titre de comparaison. Il s'agit des andésites β' qui constituent d'une part les nodules vitreux des pépérites du puy de Malintrat (néphéline virtuelle = 1,14 %) et d'autre part la coulée de Vindiolet dans la Comté d'Auvergne (néphéline virtuelle = 3,69 %). J'ai montré [1953] que ces laves, comme toutes les autres laves andésitiques (*s. l.*) de la Limagne, étaient d'âge stampien supérieur.

Dans l'impossibilité où l'on se trouve d'attribuer stratigraphiquement un âge exact au sill de Mirefleurs, dont on peut dire seulement qu'il est postérieur aux marnes vertes du Stampien moyen, on peut voir dans le rapprochement esquissé ci-dessus une présomption assez forte en faveur d'un âge stampien supérieur pour ce sill. En tout cas, la lave qui le compose diffère très nettement des laves à fort déficit de silice qui constituent les dykes, sills et coulées du Néogène limagnais.

3^o CONCLUSION. — L'étude géologique et pétrographique qui précède montre que l'affleurement de lave de Mirefleurs est un sill d'andésite β' à hauÿne, d'âge probablement stampien supérieur, qui s'est mis en place dans les marnes vertes du Stampien moyen.

Sur un plan plus général, on peut constater que les épanchements de laves andésitiques de cette époque ont donné naissance, dans la Limagne, soit à des pépérites lorsque l'intrusion aboutissait dans les vases marno-calcaires des lacs du Stampien supérieur, soit à des coulées superficielles banales lorsque l'épanchement se produisait sur la terre ferme comme c'est le cas à Vindiolet [Michel, 1953, p. 76 à 81], soit enfin à des sills lorsque l'intrusion se mettait en place en profondeur dans les sédiments déjà consolidés du Stampien moyen.

BIBLIOGRAPHIE

- DERRUAU M. (1949). — La morphogénèse de la grande Limagne et ses conséquences sur la morphologie des plateaux bordiers. Grenoble, 181 p.
- GLANGEAUD Ph. (1909). — Les régions volcaniques du Puy-de-Dôme. *Bull. Serv. Carte géol. France*, n° 123, 180 p.
- MICHEL R. (1953). — Contribution à l'étude pétrographique des pépérites et du volcanisme tertiaire de la Grande Limagne. *Mém. Soc. Hist. nat. Auvergne*, n° 5, 140 p.
- PÉCOIL R. (1938). — Étude stratigraphique des terrains oligocènes du massif du puy Saint-Romain. *Rev. Sc. nat. Auvergne*, vol. 4, p. 68-82.

NOTES SUR LA STRATIGRAPHIE
ET LA PALÉONTOLOGIE DE L'APTIEN DE BORDJ OULTEM,
RÉGION DE BOU-SAÂDA
(DÉP. D'ALGER), ALGÉRIE

PAR Jacques Emberger ¹.

Sommaire. — Par suite de la présence d'horizons fossilifères, l'Aptien de la région de Bou-Saâda a, depuis longtemps déjà, attiré l'attention des paléontologistes et des stratigraphes ². Une étude critique de cet Aptien montre que, dans la partie nord-orientale de l'Atlas saharien, seul le Gargasien est représenté par un faciès marin, le Bédoulien devant être inclus dans le complexe laguno-continental du Barrémien. La disparition progressive de ce faciès marin vers l'W et son remplacement par un faciès continental, formant un ensemble homogène allant du Barrémien à l'Albien, est ensuite étudiée dans une rapide esquisse paléogéographique. Il est finalement mentionné la présence dans ce Gargasien d'un niveau marneux rendu intéressant par une abondante faune de Foraminifères et d'Ostracodes ³ associée à des fossiles caractéristiques.

Macrofaune et conclusions stratigraphiques.

L'Aptien est assez largement représenté sur le flanc ouest de l'anticlinal de Bordj Oultem. Le pendage faible des couches (5-10°) et la constitution lithologique de la série — calcaires en bancs peu épais, marnes et marno-calcaires — font que la majeure partie des assises a été érodée puis recouverte par de puissants atterrissements mio-pliocènes et quaternaires. d'où seuls émergent quelques affleurements crétacés. Nous étudierons celui situé en bordure de la piste allant de Bou-Saâda à Biskra, à environ 4 km de Bordj Oultem ⁴.

La coupe observée est la suivante :

1. à la base, une alternance de grès et d'argiles, visible sur 300 m. Les grès sont fins, gris, à patine ocre, à stratification entre-croisée. Les argiles,

1. Note présentée à la séance du 1^{er} février 1954.

2. COTTEAU G., PÉRON A. et GAUTHIER V. (1876). Échinides fossiles de l'Algérie, fasc. 3, Étages urgo-aptien et albien. Paris. — PERON A. (1883). Essai d'une description géologique de l'Algérie. *Ann. Sc. géol.*, t. XIV, art. IV. — SAVORNIN J. (1920). Étude géologique de la région du Hodna et du Plateau sétifien. *Bull. Serv. Carte géol. Algérie*, 2^e sér., n° 7.

3. Cette microfaune sera l'objet d'une étude approfondie de J. Magné et J. Sigal.

4. Feuille topographique au 200 000^e, Bou-Saâda.

5 novembre 1954.

Bull. Soc. Géol. Fr. (6), IV. — 10

versicolores, sont parfois légèrement gypseuses. Ces assises ne renferment pas de fossiles. A Bou-Saâda a été signalé, dans la même série, un horizon à lignites.

En concordance sur cette série arénacée :

2. des calcaires gris (7-8 m) en gros bancs, admettant quelques fines intercalations de marnes ou de marno-calcaires de couleur grise. La partie supérieure des calcaires renferme quelques *Orbitolines* et une faune abondante mais peu variée d'Échinides et de Térébratules : *Orbitolina* sp., *Heteraster oblongus* BRONGN., *Terebratula sella* SOW.

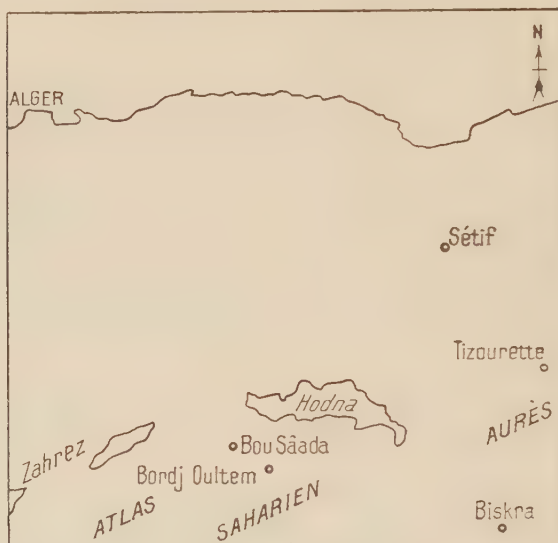


FIG. 1. — Situation géographique des différentes localités citées dans le texte.

3. une alternance sur 3 m d'épaisseur de marno-calcaires gris et de marnes grises, en petits bancs, à *Orbitolines*, Échinides, Lamellibranches et fragments d'Ammonites : *Orbitolina conoidea* GRAS., *Heteraster oblongus* BRONGN., *Heteraster tissoti* COQ., *Epiaster restrictus* GAUTH., *Holectypus portentosus* COQ., *Tetragramma malbosi* AG., *Ostrea (Alectryonia) rectangularis* ROEM., *Ostrea boussingaulti* D'ORB., *Trigonia* sp., *Terebratula* sp., *Parahoplites* sp.
4. des marnes blanches détritiques (1,50 m), renfermant une macrofaune abondante et un beau gisement de Foraminifères : *Orbitolina discoidea* GRAS., *Orbitolina conoidea* GRAS., *Heteraster tissoti* COQ., *Epiaster restrictus* GAUTH., *Holectypus macropygus* LAMBERT., *Hinnites* sp., *Ostrea latissima* LMK., *Terebratula* sp., *Rhynchonella bertheloti* KILIAN., Serpules, Bryozoaires et un fragment de pince de Décapode. Les marnes renferment aussi des radioles d'Échinides, des pièces d'Ophiures et de nombreux moules internes de Lamellibranches et de Gastéropodes
5. des marno-calcaires détritiques et des marnes grises en alternance (4 m) : *Orbitolina conoidea* GRAS., *Salenia prestensis* DESOR., *Heteraster* sp.,

Dorocidaris jullieni GAUTH., *Natica coquandi* D'ORB., *Janira morrisi* PICT. et ROUX, un Polypier

6. un banc de calcaires gris, à grain fin et à Rudistes (0,50 m) : *Orbitolina conoidea* GRAS., *Pseudotoucasia* aff. *santanderensis* DOUV., *Agria marticensis* D'ORB., *Salenia prestensis* DESOR et différents autres organismes récifaux (en cours d'étude)
7. des marnes verdâtres à *Pholadomya* sp. (2 m)
8. calcaires en plaquettes (0,50 m)
9. un banc de calcaires massif de très faible épaisseur.

Les couches supérieures, qui sont localement et partiellement observables plus à l'W sous la couverture mio-pliocène et quaternaire, sont constituées par une alternance de marnes verdâtres et de petits bancs de calcaires roux. Cette série, mis à part les rares fragments d'Ostréidés inclus dans les calcaires, est azoïque. Elle annonce le passage au faciès laguno-continentale de l'Albien inférieur.

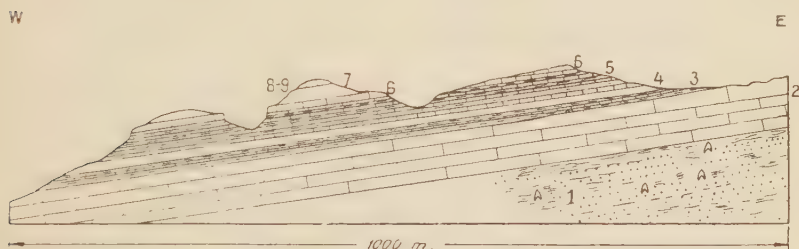


FIG. 2. — Coupe schématique de Gargasien de Bordj Oultem (région de Bou -Saâda).

Les chiffres figurant sur la coupe renvoient à ceux du texte.

Nous attribuons, pour des raisons stratigraphiques, les formations arénacées au Bédoulien et les calcaires, marnes et marno-calcaires fossilifères en concordance sur celles-ci au Gargasien, car la majeure partie des fossiles que nous y avons recueillis appartiennent à ce niveau. Ils ont été notamment signalés dans des terrains de même âge à l'E d'Oultem dans l'Aurès ¹.

Nous remarquons dans cette série deux associations :

Orbitolines-*Pseudotoucasia* et Orbitolines-Ammonites. Or, généralement, ces différentes formes ne sont pas réunies dans les mêmes bancs. Ainsi, dans des régions classiques où *Pseudotoucasia santanderensis* DOUV. est fréquent, M. L. Mengaud ² admettait

1. LAFFITTE R. (1939). Étude géologique de l'Aurès, Bull. Serv. Carte géol. Algérie, 2^e sér., n° 15.

2. MENGAUD L. (1920). Recherches géologiques dans la région cantabrique. Paris.

même 2 faciès : « les calcaires zoogènes à Rudistes (faciès urgonien) » et « les niveaux à Orbitolines ». M. R. Ciry ¹, lorsqu'il cite des *Pseudotoucasia* et des Orbitolines dans ses coupes de l'Aptien, sépare nettement les gisements des unes et des autres. Cet auteur définit des « calcaires à type urgonien à *Pseudotoucasia* » et des « calcaires à Orbitolines ». En Algérie ², on a observé de même la séparation existant entre les faciès à Orbitolines et ceux à Rudistes. Au contraire, à Oultem, nous avons observé un faciès mixte : Orbitolines-*Pseudotoucasia*, où nous avons même noté la présence d'Orbitolines directement fixées sur le test des *Pseudotoucasia*.

On peut expliquer que l'on trouve des fragments d'Ammonites dans les faciès à Orbitolines, car les coquilles de ces animaux pouvaient être flottées et transportées par des courants en un point assez éloigné de leur gisement originel. Ces fragments d'Ammonites se présentent à l'état de moules internes, et fixés sur ceux-ci, on peut remarquer des Orbitolines, de petites Huitres et des Serpules.

En ce qui concerne les Rudistes, on ne peut leur appliquer cette hypothèse d'un transport puisqu'il s'agit de formes fixées ou qui vivaient sur le fond. D'autre part, morphologiquement, les *Pseudotoucasia* d'Oultem sont différentes des formes habituelles. A titre de comparaison, nous avons étudié les *Ps. santanderensis* provenant d'un gisement ³ situé à 150 km vers le NE en direction des faciès profonds ². Alors que dans celles-ci nous avons observé un test épais et une lame myophore massive, celles d'Oultem ont un test très mince, une lame myophore fine. Nos échantillons se rapprochent par ces derniers caractères de ceux figurés ⁴ sous le nom de *Pseudotoucasia catalaunica* ASTRE ; dans la figure 3 de cet auteur nous remarquons en effet que la lame myophore ressemble par sa forme et sa minceur à celle que nous observons dans l'exemplaire d'Oultem, quoique l'on constate [pl. I, fig. 1] que son espèce a un test assez épais. On pourrait admettre, d'après la fig. 3 citée par M. G. Astre que *Pseudotoucasia catalaunica* ASTRE ne serait qu'une variété de *Pseudotoucasia santanderensis* Douv., car les anomalies comparables que nous observons dans la forme

1. CIRY R. (1932). Étude géologique d'une partie des Provinces de Burgos, Valentia, Léon et Santander. Toulouse.

2. LAFFITTE R. (1939). *Op. cit.*

3. Gisement de Tizourette, monts du Bellezma (Dépt. Constantine).

4. ASTRE G. (1932). Les faunes de Pachyodontes de la Province catalane entre Sègre et Fraser. *Bull. Soc. Hist. nat. Toulouse*, t. 64, fasc. 1, p. 31-154. La figure 3 d'après V. PAQUIER (qui décrivait d'ailleurs cette forme sous le nom de *Toucasia santanderensis*) Les Rudistes Urgoniens, *Mém. Soc. géol. Fr., Paléontologie*, n° 29, 1903.

d'Oultem semblent être dues à des conditions biologiques peu favorables à l'évolution normale de l'animal. Les *Pseudotoucasia* devaient vivre habituellement dans un milieu marin différent de ceux d'Oultem, probablement plus profond.

Nous avons ici un faciès marin du Gargasien, interstratifié entre l'Albien et le Bédoulien, tous deux continentaux, faciès peu profond, sub-récifal, où les Rudistes sont à la limite de leurs possibilités d'existence.

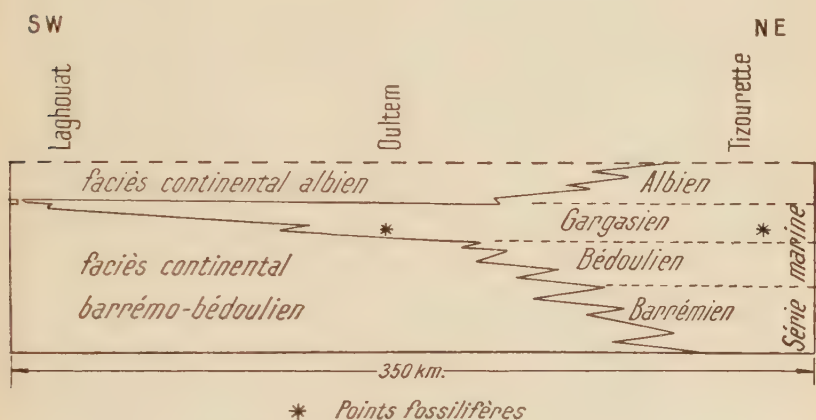


FIG. 3. — Schéma paléogéographique : variations de faciès du Gargasien.

L'âge gargasien de l'Aptien d'Oultem, déjà pressenti par A. Péron pour des couches analogues situées à Bou-Saâda à 25 km au NW d'Oultem, quoique méconnu par une partie des auteurs plus récents, avait déjà été admis pour cette partie de l'Atlas saharien¹. Le Bédoulien doit donc, d'après nos observations, être inclus dans la partie terminale du faciès continental du Barrémien, ceci étant confirmé par le constant épaissement des couches continentales avec, parallèlement, une diminution du faciès marin : ainsi, les faciès continentaux, qui ont 250 à 400 m dans l'Aurès, passent à 1 200 m dans la région de Bou-Saâda. Parallèlement, l'Aptien, qui dans l'Aurès a 300-400 m (Bédoulien + Gargasien), n'en a plus à Bou-Saâda (Gargasien uniquement) que 100 m. A l'W de la région étudiée, cet étage est connu sous un faciès continental².

1. LAFFITTE R. (1939). *Op. cit.*

2. CORNET A. (1952). L'Atlas saharien Sud-Oranais, XIX^e Congr. géol. intern. Alger, *Monogr. région.*, 1^{re} sér., n° 12. — S. N. REPAL (1952). Régions Sud-Telliennes et Atlas Saharien, *Ibid.*, 1^{re} sér., n° 20.

Étude sommaire de la microfaune.

Les marnes blanches (niveau 4 de la coupe) nous ont fourni de riches microfaunes ¹.

Les grands Foraminifères sont représentés par *Orbitolina discoidea* GRAS qui est extrêmement abondante et d'assez grande taille (jusqu'à 10 mm de diamètre) et par *Orbitolina conoidea* GRAS (F).

La microfaune se caractérise en outre par l'abondance des Foraminifères à test arénacé :

Haplophragmoides sp. (F), *Marssonella* sp. (A), *Flabellamina* sp. (A), *Flabellamina* sp. (R), *Flabellamina* sp. (AR), *Choffatella decipiens* (F), *Gaudryina* sp. (F), *Valvulina* sp. (R), *Haplophragmium* sp. (AR), *Buccicrenata* ? sp. (AF), *Clavulinoides* ? sp. (AR), *Ammobaculoides* ? sp. (AR), *Tritaxia* sp. (AF).

Les formes à test calcaire sont assez rares et représentées seulement par quelques individus :

Placopsilina sp. (forme fixée sur les Orbitolines), *Pseudoglandulina* sp., *Astacolus* sp., *Vaginulina* sp. (du groupe de *V. kochii*), *Cristellaria* sp. (3 espèces), *Quadratina* sp., *Discorbis* ? sp., *Siphogenerinoides* ? sp., *Glandulina* sp., *Miliolidés* sp. (formes à revêtement arénacé).

En dehors des Foraminifères, la microfaune comprend des Ostracodes ². Ceux-ci se répartissent dans les genres : *Cythereis*, *Bairdia*, *Loxoconcha*, *Paracypris*, *Pterigocythereis*. Ils sont beaucoup moins abondants que les Foraminifères.

Ainsi, les marnes du niveau 4 nous ont fourni une microfaune particulièrement intéressante et tout à fait remarquable par sa richesse en espèces et en individus : une vingtaine d'espèces de Foraminifères et divers Ostracodes. Comme J. Magné, l'a souvent observé et comme J. Sigal l'a déjà indiqué ³, l'Aptien d'Algérie est, jusqu'à présent, l'étage le moins bien caractérisé par les microforaminifères. Ces derniers étant, en général, fort rares dans les niveaux marneux et, lorsqu'ils existent, se réduisent à des formes de large distribution stratigraphique. Seuls de rares échantillons de l'Est constantinois et de la Tunisie, en dehors des Orbitolines presque toujours abondantes, renferment fréquemment des Miliolidés et diverses petites formes. Mais, à part les Orbitolines, les différentes espèces présentes sont difficilement déterminables en section.

L'abondance de la microfaune et, d'autre part, la présence de formes arénacées, de Miliolés et d'Ostracodes ornés confirment le faciès néritique, peu profond, de l'Aptien de Bordj Oultem.

1. La détermination des Foraminifères a été effectuée par J. Magné, Chef du Laboratoire de micropaléontologie de la Société nationale de Recherches et d'Exploitation des Pétroles d'Algérie (SN. REPAL).. — Les notations A, AF, F, AR, R indiquent les espèces abondantes, assez fréquentes, fréquentes, assez rares, rares.

2. Les Ostracodes seront l'objet d'une étude spéciale de J. Magné et N. Grekoff.

3. SIGAL J. (1952). Aperçu stratigraphique sur la micropaléontologie du Crétacé, XIX^e Congr. géol. intern. Alger, Monogr. région. 1^{re} sér., n° 26.

LES GRANDS TRAITS STRUCTURAUX DE LA TUNISIE

PAR **Gilbert Castany** ¹.

PLANCHES VII A X.

Sommaire. — L'Atlas de Tunisie est caractérisé par une tectonique de couverture. L'étude des grandes zones structurales et leur comparaison avec celles d'Algérie orientale permettent de dégager les traits particuliers des chaînes tunisiennes. L'Atlas saharien couvre une aire très vaste, s'étendant au NE, jusqu'à la côte de Bizerte. Il est donc difficile de reconnaître le prolongement des chaînes telliennes du Nord-Constantinois. Le rôle du socle profond est marqué dans le style des grands ensembles et des plis. Il se manifeste également dans leur orogénèse.

L'Atlas présente en Tunisie une tectonique de couverture conditionnée par la structure du socle profond. Le décollement principal a lieu au niveau du Trias moyen. Le Grès bigarré est solidaire du substratum primaire. La couverture englobe les étages du Lias au Quaternaire récent. Le complexe salifère triasique joue le rôle de lubrifiant. Nous étudierons tout d'abord les caractères de la couverture pour dégager ensuite la structure du socle profond. Nous terminerons en montrant l'influence du substratum sur le recouvrement.

I. — La couverture.

En Tunisie, la structure actuelle de la couverture de l'Atlas, la zone de Kroumirie-Nefza mise à part, est due à la phase plio-quaternaire vis-à-vis de laquelle les orogénèses antérieures, crétacées et nummulitiques, jouant le rôle de phases embryonnaires. Parmi ces dernières nous avons insisté sur l'importance structurale des plissements post-oligocènes supérieurs et anté-burdigaliens qui donnent à la Berbérie orientale les éléments essentiels de son ossature. La jeunesse de la chaîne marque et domine profondément la géo-morphologie actuelle. Nous envisagerons successivement la tectonique générale et les types de plis.

1. Note présentée à la séance du 15 mars 1954.

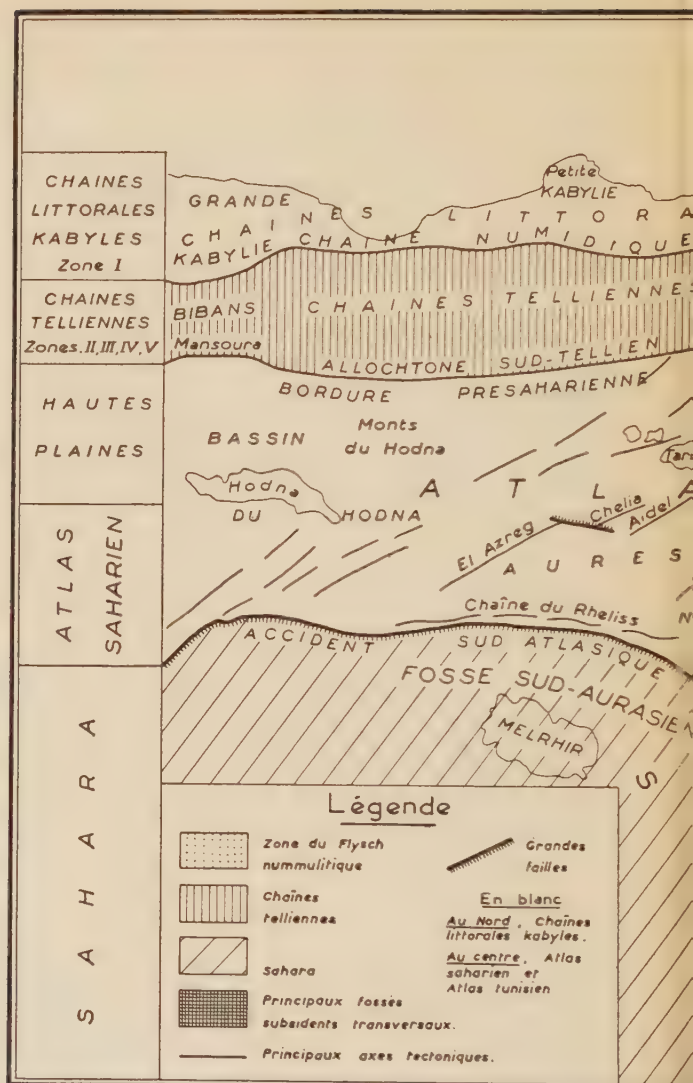
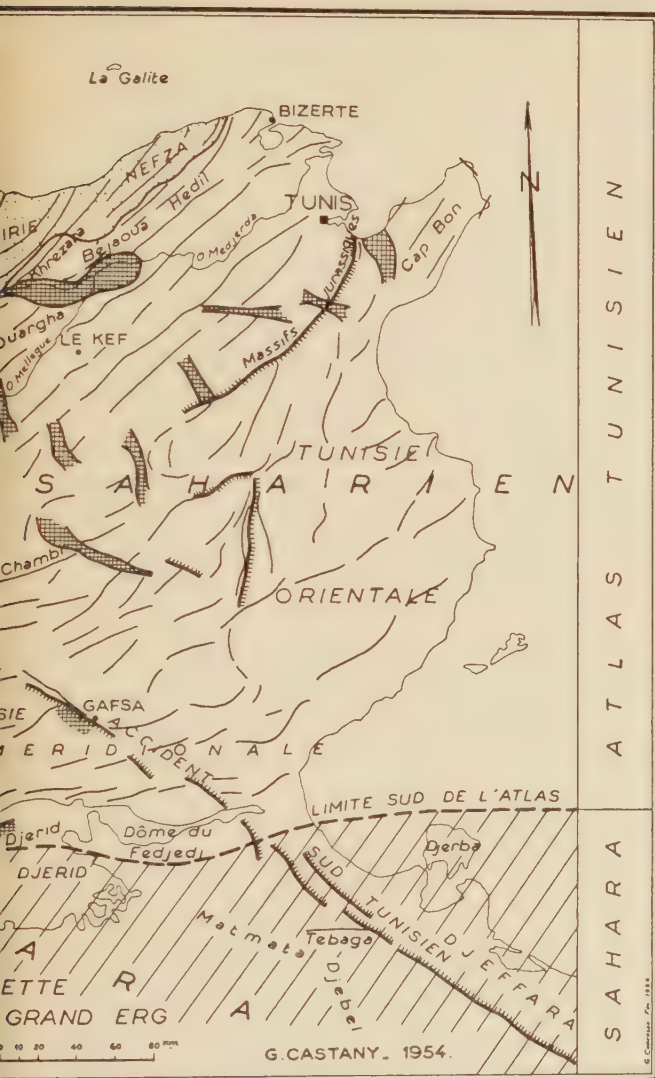


FIG. 1. — Corrélation

1^o TECTONIQUE GÉNÉRALE DE LA CHAÎNE.

A. DISPOSITIF GÉNÉRAL. — En Tunisie les chaînes de l'Atlas sont, dans leur ensemble, dirigées SW-NE (fig. 1). Cette orientation est générale pour l'Atlas tunisien nord-occidental. C'est la *direction saharienne* commune à tout l'Atlas saharien.



ques Algérie-Tunisie.

Certains axes, avec des directions subméridiennes, apparaissent en Tunisie orientale. Dans la Tunisie méridionale, la direction E-W domine (fig. 1). Les flancs dissymétriques sont, en général, déversés vers le S ou le SE. Les anticlinaux coffrés et étroits sont typiques de la tectonique de couverture. Les plis serrés au N deviennent de plus en plus espacés vers le S et le SE. *Par son*

orientation et son style l'Atlas tunisien se rattache à l'Atlas saharien d'Algérie. Seule la zone Kroumirie-Nefza semble présenter quelques caractères particuliers. Mais, dans ce cadre général, certains traits de détails sont propres à l'Atlas tûnisien. On note l'abondance des failles, même dans les séries marneuses et marno-calcaires puissantes. Elle est associée à la fréquence des pulsations orogéniques locales. Ces caractères sont observés, du N au S, du sillon tunisien au Sahara.

B. LES GRANDES UNITÉS STRUCTURALES. — Les caractères paléogéographiques et surtout les styles tectoniques particuliers permettent de distinguer, du N au S, trois grandes unités structurales (tabl. 1 et fig. 1) : La Galite ; Kroumirie-Nefza et l'Atlas tunisien.

L'Atlas est limité au S par le Sahara qui commence avec le Djérid, le Nefzaoua, les monts des Matmata et la cuvette de la Djef-fara. Nous avons, au cours de nos travaux antérieurs, insisté sur les caractères propres à chaque unité [1953 a, p. 92]. Les grandes subdivisions sont énumérées dans le tableau 1.

C. CORRÉLATIONS AVEC LES ZONES TECTONIQUES D'ALGÉRIE. —

a) *Zones tectoniques d'Algérie orientale.* L'Atlas de Tunisie prolonge vers l'E les chaînes d'Algérie orientale où les auteurs ont distingué, du N au S, quatre grands ensembles autochtones ou sub-autochtones, de direction E-W (fig. 1) :

Chaînes littorales kabyles (zone I de L. Glangeaud).

Chaînes telliennes (zones II, III, IV et V).

Hauts plateaux et Hautes plaines (bassin du Hodna).

Atlas saharien.

Les travaux récents conservent les grands ensembles du Tell mais y ajoutent un allochtone complexe qui se superpose à ceux-ci. L'Atlas est limité au S par la *flexure saharienne* ou *accident sud-atlasique* qui le sépare du Sahara. Il est nécessaire, pour la compréhension du texte de rappeler brièvement les caractères de chaque zone.

Les *chaînes littorales kabyles* sont marquées par la présence du socle recouvert au S par la chaîne calcaire ou chaîne numidique. C'est le bourrelet liminaire de P. Fallot [1932]. La série sédimentaire est incomplète avec lacunes et réductions de puissance (Crétacé inférieur peu développé). Le Trias y présente un faciès non salifère. On y note diverses phases tectoniques. Le diastrophisme majeur se place au Nummulitique supérieur. A. Caire, P. Deleau, M. Durand-Delga et L. Glangeaud ont montré l'importance des chevauchements de cette zone I vers le S.

GRANDES ZONES	ZONES	Sous-zones	SECTEURS	CORRESPONDANCE AVEC LES ZONES D'ALGÉRIE
LA GALITE				Chaînes littorales kabyles. Zone I
KROUMIRIE NEFZA	Flysch nummulitique Bordure septentrionale			
ATLAS TUNISIEN	ATLAS NORD-OCCIDENTAL	Synclinorium le Kef-Tunis		ATLAS SAHARIEN
		Anticlinorium Chambi - Kessera - Zaghouan	Massif Chambi-Semmama Massif Kessera-Bargou Massifs juras-siques	
	ATLAS SUD-ORIENTAL	Tunisie centrale Pli Selloum - Mrhila-Trozza Chaîne Nara - Chérahil		
		Tunisie méridionale	Faisceau Ne-grine-Gafsa Chaîne Orbata-Bou Hedna - Goubeul Chaîne des Chotts	
	TUNISIE ORIENTALE	Tunisie orientale Cap Bon Sahel		
SAHARA	Monts des Matmata et Djebel Djellara Cuvette du Grand Erg		FLEXURE SAHARIENNE	

TABLEAU 1. — Grandes zones tectoniques de la Tunisie.

Les chaînes telliennes présentent des dépôts du Secondaire épais (sillon tellien). La phase paroxysmale se situe au Miocène. Nous pouvons y distinguer deux sous-zones : le Tell septentrional et le Tell méridional. Le Tell

méridional ou zone sud-tellienne retiendra seul notre attention. Il comprend les chaînes de l'Ouarsenis, des Bibans et le massif des Guergour orientés W-E. Il présente une structure complexe mise en lumière par les travaux publiés au cours des deux dernières années (fig. 1). Cette zone est marquée par un substratum, affecté d'écaillés et de chevauchements, que surmontent des nappes de glissement par gravité. Ce style, très net au S de l'Ouarsenis [Mattaue, 1953 b et S. N. Repal, 1952], se poursuit au N du Hodna affectant la zone sub-bibanique [Caire, 1951 et 1953; S. N. Repal, 1952]. Il atteint la bordure du Tell méridional vers l'E entre Souk-Ahras et Ghardimaou [David, 1953]. Le glissement vers le S du Flysch nummulitique, qui affecte toute la bordure sud-tellienne, s'atténue d'W en E. De 30 à 50 km dans l'Ouarsenis et les Bibans, il se réduit à 5 ou 6 à Souk-Ahras. Dans cette région, L. David admet d'ailleurs que la Kroumirie doit être enracinée. Dans toute cette zone on note des mouvements post-lutétiens et anté-miocènes. Le glissement de l'allochtone s'est poursuivi jusqu'au Miocène supérieur suivant un processus décrit par A. Caire, L. Glangeaud, M. Mattauer et J. Polvéche [1953].

Les *Hauts plateaux et Hautes plaines*, très nets dans l'Oranais, se poursuivent vers l'E par le grand bassin tertiaire du Hodna. Les monts du Hodna [Glaçon, 1952] marquent déjà le prolongement vers le NE de la partie septentrionale de l'Atlas saharien [S. N. Repal, 1952]. La bordure nord, dite bordure présaharienne [Savornin, 1920; Caire, 1953 b], est recouverte par le chevauchement de l'allochtone sud-tellien [Caire, 1953 b]. Vers l'E, les plis de l'Aurès [Laffitte, 1939 a et b] se poursuivent au N jusqu'au contact du Tell avec, dans la région de Garet et Tarf, des plis peu serrés (analogie avec la Tunisie centrale). Les confins algéro-tunisiens marquent l'interruption de la zone des Hautes plaines. *L'Atlas saharien couvre toute la région jusqu'à la limite sud des chaînes telliennes* (fig. 1).

L'*Atlas saharien* est caractérisé, comme en Tunisie, par un style jurassien avec des anticlinaux étroits de type coffré [Cornet, 1952; S. N. Repal, 1952] alternant avec des synclinaux larges à fond plat. La direction générale, dite saharienne, est SW-NE. On y note des mouvements lents au Secondaire, une phase majeure éocène et des rejeux post-miocènes. L'Atlas est séparé du Sahara par l'*accident sud-atlasique* qui s'étend du Maroc à la Tunisie [Laffitte, 1939 b]. C'est une bande, affectée de mouvements tectoniques importants et récents, formée d'une série de flexures se relayant d'W en E [Cornet, 1952, S. N. Repal, 1952].

b) *Correspondance des zones d'Algérie et de Tunisie. La Galite* est le prolongement nord est du massif de l'Edough (fig. 1). Ce dernier est déjà caractérisé par l'inflexion de ses axes vers le NNE avec des directions SSW-NNE [Joleaud, 1936; Hilly, 1952]. Les *chaînes littorales kabyles* se poursuivent donc avec certitude dans les îles de la Galite marquant une nette *inflexion vers le NE* déjà constatée par L. Glangeaud [1932 a] et L. Joleaud [1936]. Au S, l'extension du Flysch nummulitique, dans la zone *Kroumirie-Nefza*, masque les terrains anté-oligocènes et rend difficiles les essais de corrélations. Nous insisterons donc sur la bordure méridionale de cette unité où affleurent les terrains crétacés et tertiaires. Au S de la *Kroumirie-Nefza*, les plis sont le prolongement,

sans changement de direction notable, des accidents de l'Atlas saharien du Sud-Constantinois (fig. 1). Le premier alignement, qui d'Algérie se poursuit en Tunisie, est marqué par les plis Ain Beida, Zellez, Berda, bou Khrezara, Ain Draham. Dans cette dernière région, les axes marquent, comme plus au N pour les chaînes littorales, une inflexion accentuée vers le NNE. Puis la zone des plis orientaux de l'Aurès (Tadelist, Tadinert, Stiah) se poursuit sans interruption vers le NE par les monts du Mellegue très nets jusque dans le massif d'Ouargha-Le Kef. Ils viennent ensuite « butter » contre la fosse d'effondrement de la Haute Medjerda (fig. 1). Au delà ils gagnent, par le Bejaoua et les Hedil, la région de Bizerte. Ici, aux approches du littoral, on note une inflexion vers le NNE. Observée également dans le Flysch, elle montre ainsi les relations tectoniques étroites liant les deux unités. Les chaînes, qui bordent au S la zone de Kroumirie-Nefza (Fernana, Bejaoua, Hedil et Bizerte), sont donc le prolongement de l'Atlas saharien. Elles appartiennent à l'Atlas tunisien avec un style jurassien typique [Castany, 1953 b et c]. *Dans le N de la Tunisie, le seul emplacement possible pour les chaînes telliennes, se situe alors sous le Flysch nummulitique* (fig. 1).

Il est donc impossible, par le style et l'orogénèse, d'identifier en Tunisie les chaînes telliennes en affleurement. Avec elles disparaissent les structures décrites dans la zone sud-tellienne et l'allochtone sud-tellien. Les levés précis exécutés ces derniers mois par les géologues de diverses disciplines prouvent l'absence d'écailles du style et de l'importance de celles notées par nos collègues d'Algérie. Nous avons montré que les plis de la région de Bizerte et des Hedil présentent des structures régulières de style jurassien (Pl. VIII et IX). Les derniers glissements du Flysch, très faibles dans la région de Fernana [Gottis, 1953 a, coupe], s'atténuent puis disparaissent vers le NE. La nappe du Flysch n'a pas été reconnue [Gottis, 1953 a et b). La disparition, en Tunisie, de la zone sud-tellienne confirme celle de l'unique présence de l'Atlas saharien au S de la Kroumirie-Nefza (*Flysch nummulitique*). Cette interruption correspond à la présence du fossé d'effondrement transversal de la Haute Medjerda. Les études paléogéographiques ont montré que cette subsidence avait joué dès le Miocène inférieur. Or, l'on sait qu'un bassin subsident peut interrompre la propagation des plis et surtout des glissements. Ce rôle soulève d'ailleurs des problèmes complexes que A. Caire, L. Glangeaud et M. Mattauer ont tenté de résoudre notamment dans le Chelif-Soumane.

L'inflexion très nette, vers le N, des chaînes de l'Atlas corres-

pond à l'apparition des massifs de Trias diapir. Elle montre, en profondeur, la présence de fractures importantes et fréquentes du socle. Au S, en Tunisie méridionale, les plis à tendance E-W sont le prolongement de la chaîne du Rheliss [Lafitte, 1939 a et b]. L'*accident sud-atlasique* se modifie dans le Sud tunisien où il semble relayé par l'*accident sud-tunisien* [Castany, 1954]. Cette évolution est en relation avec le relèvement vers l'E de la cuvette tectonique du Grand Erg oriental.

2° LES STRUCTURES DE DÉTAILS. QUELQUES TYPES DE PLIS.

L'Atlas tunisien présente des types de plis variés. Les uns sont propres à la couverture : plis coffrés, extrusions et écailles superficielles dysharmoniques. D'autres marquent l'influence du socle : plis faillés, failles-plis, graben, fosses d'effondrement, cuvettes subsidentes et massifs de Trias diapir (dômes diapirs ou failles injectées). Nous décrirons sommairement quelques types principaux.

A. **PLI COFFRÉ.** — Le type de pli coffré, décrit dans le Jura par L. Glangeaud [1949-1950 et 1951 b], domine dans l'Atlas tunisien. Il montre une voûte plate et des flancs à pendages très accentués. Le pli anticlinal coffré entraîne le synclinal à fond plat et versants abrupts. Cette structure caractérise l'Atlas saharien [Cornet, 1952] ainsi que son prolongement vers l'E et le NE, l'Atlas tunisien [Castany, 1951 a et b, 1953 a].

B. **EXTRUSIONS.** — Nous avons reconnu, en plusieurs points, un style tectonique qui rappelle le type des extrusions décrit dans les Pyrénées par A. Viennot en 1928. Il est fréquent dans les massifs jurassiques (Pl. X).

C. **ÉCAILLES SUPERFICIELLES DYSHARMONIQUES.** — Le calcaire éocène de la Tunisie du Nord apparaît souvent sous forme de blocs plus ou moins étendus et pouvant atteindre plusieurs kilomètres de long, limités par des failles (Pl. VII). L'emploi du terme d'écailles [Salignac, 1927] est impropre et prête à confusion [Castany, 1953 b]. Il évoque, par définition, un accident traversant une série sédimentaire importante avec participation éventuelle du socle. Or, ces structures dysharmoniques n'affectent que le calcaire et sont superficielles. Celui d'extrusion, ne répondant pas à la définition originale de P. Viennot, serait tout aussi inexact. Ces accidents concernent une tranche de couverture plus faible que les « écailles intercutanées » de P. Fallot [1949].

D. **PLI-FAILLES.** — Les types de plis-failles et de failles-plis décrits par L. Glangeaud dans le Jura [1949] ont été reconnus en Tunisie [Castany, 1951 a].

E. **GRABEN.** — Les grabens sont fréquents dans la Régence. Ils affectent souvent le Quaternaire. Les plus typiques sont ceux de Kasserine, de Sbiba, du Sers et de la Haute Medjerda (fig. 4).

II. — Le socle.

Après avoir mis en évidence la part qui revient à la couverture dans la tectonique de la Tunisie, il y a lieu maintenant de tenter de dégager le rôle du socle profond. Le substratum paléozoïque est connu : à l'W en Algérie septentrionale, au S sur le bord nord du Sahara et l'Ahaggar, et dans le Sud tunisien où le petit gisement de Permien marin du Tebaga est le témoin le plus septentrional de la plate-forme saharienne. Plus au N, sur l'emplacement de l'Atlas, le socle est décelé par les recherches géophysiques et apparaît surtout par ses influences dans la couverture où il est à l'origine de la direction des grands accidents et des structures transverses.

1^o LES TERRAINS PRIMAIRES EN AFFLEUREMENTS.

A. **CHAÎNES LITTORALES KABYLES.** — En Algérie du Nord, le socle cristallin apparaît dans les chaînes littorales kabyles. Il est possible d'identifier, dans le cycle hercynien, deux phases successives : l'une anté-stéphanienne et l'autre tardive qui se place entre le Permien et le Lias. Dans toute cette région, le socle est induré avec reprises des plissements à différentes époques du cycle alpin accompagnées d'éruptions volcaniques tertiaires.

B. **SAHARA CENTRAL.** — M. Lelubre, dans une synthèse générale [1952], a montré que les directions méridiennes avec la moitié ouest du *continent africain* devenaient SW-NE à W-E à l'E (désert libyque et Égypte). *La Tunisie se situe à l'interférence de ces deux influences.*

C. **SUD TUNISIEN.** — Le substratum primaire affleure dans le Sud tunisien avec le gisement de Permien marin du Djebel Tebaga de Medenine. De direction W-E, dissymétrique au N, ce pli montre la présence de plusieurs phases tectoniques [Mathieu, 1949 ; Castany et A. F. de Lapparent, 1952]. Une très légère

discordance du Trias inférieur sur le Permien marque une faible pulsation suivie par le diastrophisme majeur anté-bathonien.

En affleurement, le socle est ainsi caractérisé par des accidents de directions dominantes W-E et sub-méridiennes.

2^o LES ÉTUDES GÉOPHYSIQUES.

Les études géophysiques, par la méthode gravimétrique, permettent de déceler des anomalies dues à des structures profondes de la couverture et du socle. Les prospections ont été exécutées à deux échelles : soit par cheminements avec stations espacées englobant l'ensemble de la Tunisie, soit par réseaux locaux serrés.

A. LES GRANDES ANOMALIES RÉGIONALES. — Des cartes d'ensemble des anomalies gravimétriques de l'Afrique du Nord et de la Méditerranée occidentale (fig. 3) ont été dressées récemment par H. P. Coster [1945], J. Lagrula [1951] et B. J. Hoffmann [1952]. Toutes mettent en évidence les mêmes anomalies générales ou régionales. Elles ont été analysées par H. de Cizancourt [1953].

Des *anomalies négatives* (fig. 3) sont localisées au SW de la Tunisie, selon un axe NNW-SSE, du Hodna au Chott Djerid, avec deux maxima au Hodna (Msila-Barika) et dans la région de Negrine et du Djerid (fosse sud-aurasienne). Cette anomalie très importante joue un rôle structural primordial. Elle est en relation avec des accidents majeurs de la couverture (fig. 3). Une zone négative est décelée également dans la région de Kairouan. Nous noterons avec J. Lagrula que ces secteurs correspondent, en surface, à de fortes accumulations de sédiments récents et plus particulièrement de Tertiaire et de Quaternaire (A. Lambert et S. N. Repal pour le Hodna, J. Savorin pour le N du Chott Melrhir, G. Castany et Ch. Domergue au Djerid). L. Glangeaud et J. Lagrula [1952] ont montré eux aussi que ces anomalies sont dues à des variations d'épaisseurs des couches et que la densité est d'autant plus faible que les terrains sont plus récents. Les *anomalies positives* septentrionales de la région côtière, dans la zone de Tunis, à la pointe du cap Bon, et dans le Sahel de Sousse font partie de la grande zone d'anomalie positive méditerranéenne [Coster, 1945 ; Lagrula, 1951 ; Glangeaud, 1951 a et 1952 b]. Plus au S, l'anomalie positive de la Djeflara correspond à l'affleurement du socle. Le choix des points de mesure ayant servi de base à l'établissement de ces cartes ne permet pas d'apporter plus de précisions dans le détail. Ainsi, si nous nous référons aux résultats publiés par J. Lagrula, nous notons des valeurs négatives à Kasserine, Feriana, Gafsa, Metlaoui et Tozeur qui correspondent à des accumulations de terrains récents dans des cuvettes synclinales ou des zones subsidentes et non à une anomalie régionale étendue.

B. LES ANOMALIES LOCALES. — Des études gravimétriques détaillées ont été exécutées en divers points de la Tunisie.

6 novembre 1954.

Bull. Soc. Géol. Fr. (6), IV. — 11

Des zones d'anomalies négatives sont mises en évidence en différents secteurs. Au N, dans la basse vallée de la Medjerda avec la région de la Mabtoua. En Tunisie orientale, prospectée par les Sociétés de Recherches pétrolières, nous signalerons la plaine de Grombalia NNW-SSE, la région de la sebkra Kelbia, de Kairouan à axe submériidien, de Pavillier, l'axe SW-NE de la sebkra el Rherra-El Djem-Moknine et la cuvette de la sebkra en Nouail [P. Mrosovsky et D. Keppel, *in* Castany, 1952 b, p. 101-108, pl. III, IV et VI]. Les anomalies négatives correspondent également ici à des zones de surcharges sédimentaires constituées de terrains récents. Elles se superposent à des affaissements du socle qui entraînent des subsidences importantes.

3° INFLUENCE DU SOCLE SUR LA COUVERTURE DANS L'ATLAS.

Les principaux accidents de la couverture, étant donnée leur ampleur, doivent probablement être en relation avec des structures du socle profond (fig. 4). C'est le cas pour les plis transversaux les plus importants, les grandes failles et flexures, les alignements de diapirs triasiques, les fossés d'effondrement et les cuvettes subsidentes.

A. PLIS TRANSVERSAUX OU TRANSVERSALES. — Les plissements de l'Atlas sont affectés de structures transversales (fig. 1 et 4) Celles-ci sont plus ou moins marquées et importantes. On note souvent des ensellements transversaux alignés, pour l'ensemble de la chaîne, selon des axes W-E à NNW-SSE. Ce sont les « transversales » des anciens auteurs. Elles sont à l'origine des synclinaux orthogonaux observés en plusieurs points. Fréquemment ces ensellements se sont accentués, à la phase post-tectonique, en fossés transversaux (Kasserine, Le Sers, Sbiba, El Aroussa, etc...). L'étude de l'évolution et de l'architecture de ces accidents montre qu'ils ne peuvent être expliqués que par le rejeu de structures anciennes du socle. L'importance des transversales a été mise en évidence, en Algérie et au Maroc, par L. Glangeaud [1951 a] et M. Mattauer [1951].

Accident sud-tunisien. La Tunisie méridionale est marquée par un grand accident transversal orienté NNW-SSE qui s'étend de la région de Gafsa à El Hamma de Gabès et se poursuit jusqu'à Medenine (fig. 1 et 4) atteignant une longueur de près de 400 km [Castany, 1954]. Il est la cause des effondrements qui ont provoqué l'affaissement vers le NE de la cuvette de la Djefara. Des études géologiques de détail ont montré son jeu depuis le Crétacé inférieur. L'effondrement de la Djefara, post-crétacé supérieur et anté-miocène inférieur, a probablement joué au Quaternaire. L'accident sud-tunisien est le résultat d'un diastrophisme intense dont la phase ultime se situe entre l'Acheuléen et le Moustérien [Castany, 1954].

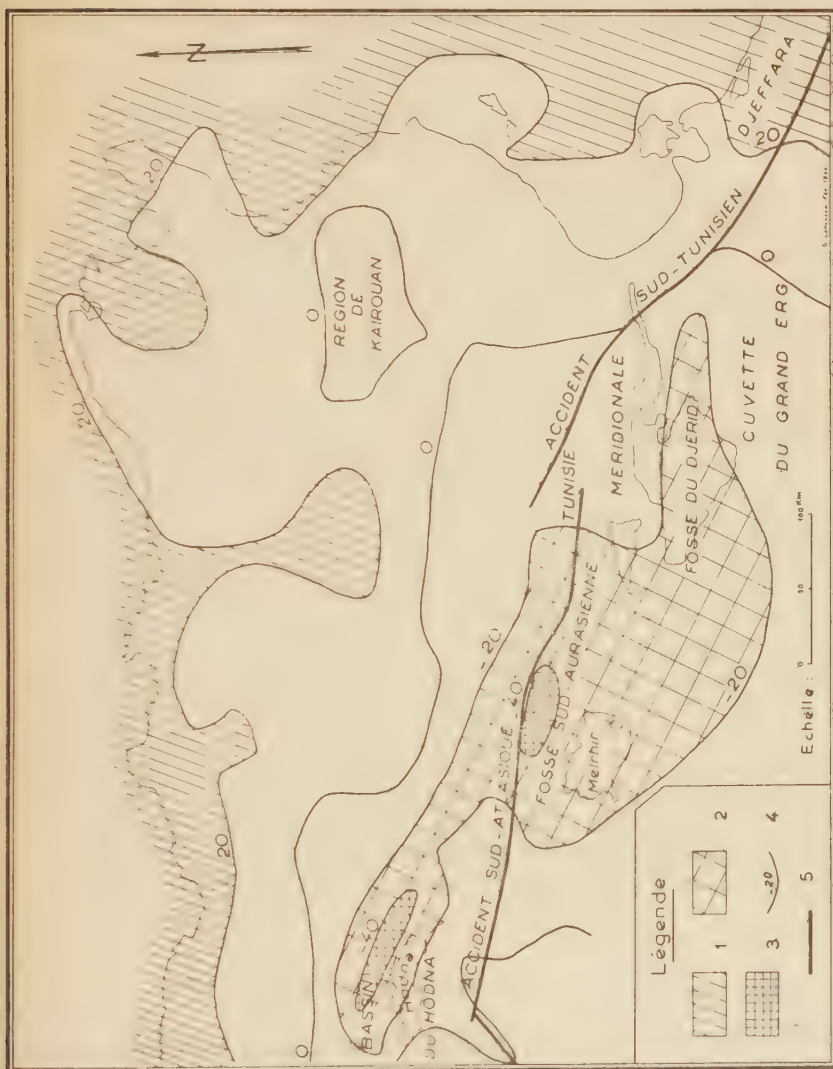


FIG. 3. — Anomalies isostatiques et grands accidents de la couverture (d'après J. LAGRULA pour les anomalies isostatiques).

1 : zones d'anomalies positives ; 2 : zones d'anomalies négatives ; 3 : maxima d'anomalies négatives
4 : valeurs en milligals ; 5 : grands accidents.

B. FAILLES ET FLEXURES. — Des grandes zones de fractures apparaissent dans la couverture (fig. 4). Les rejets observés en surface montrent qu'elles doivent correspondre à des fractures ou flexures du socle. La plus remarquable est la « grande faille du Zaghouan » qui se poursuit sur plus de 80 km avec un rejet de 4 à 5 000 m. Plus au S, une zone de fractures accidentée, sur une centaine de kilomètres avec des rejets de 2 à 3 000 m, le flanc

oriental de la chaîne subméridienne du Nara. Le pli Mrhila-Labeied-Trozza-Cherichira est également jalonné de cassures importantes.

L'accident sud-atlasique correspond également à un accident profond [S. N. Repal, 1952]. Il en est probablement de même de l'accident sud-tunisien.

C. DIAPIRS TRIASIQUES. — Les grands massifs de Trias diapirs jalonnent des fractures du socle. La localisation des gisements dans le secteur nord-ouest de l'Atlas est en relation étroite avec la structure du substratum.

D. FOSSÉS D'EFFONDREMENT ET CUVETTES SUBSIDENTES. — Nous avons montré, à plusieurs reprises, la présence en Tunisie de zones dont la subsidence s'est poursuivie au cours du Quaternaire récent [Castany, 1949]. Leur examen fait apparaître deux types de structures : les fossés d'effondrement et les cuvettes subsidentes. Les cuvettes subsidentes sont fréquentes en Tunisie. Nous citerons les plus importantes (fig. 4) : lac de Tunis, haute et basse vallées de la Medjerda, cuvettes de la Tunisie orientale, Chott Djerid, région du lac de Bizerte-Oued Gueniche, plaine de Grombalia. La forme amygdaloïde typique des fossés d'effondrement montre qu'ils ont joué suivant des lignes directrices du socle profond.

CONCLUSIONS.

Le socle constitue, soit en surface au S, soit en profondeur sous la couverture sédimentaire de l'Atlas au N, une entité très nette, marquée par ses caractères orogéniques. Ce substratum est affecté de vastes bombements, de plis et surtout de nombreuses fractures et flexures.

III. — Évolution du socle et de la couverture.

Nous esquisserons sommairement l'évolution du socle et de la couverture au cours des grandes phases orogéniques qui modelèrent la Berbérie orientale.

1^o ÉVOLUTION DU SOCLE.

Nous pouvons distinguer, dans l'évolution du socle, deux grandes périodes (fig. 5) : la genèse du socle ; le socle et l'orogénèse alpine.

A. GENÈSE DU SOCLE : LES TEMPS PRIMAIRES ET LE CYCLE HERCYNIE. — Le socle s'est constitué durant les temps primaires.

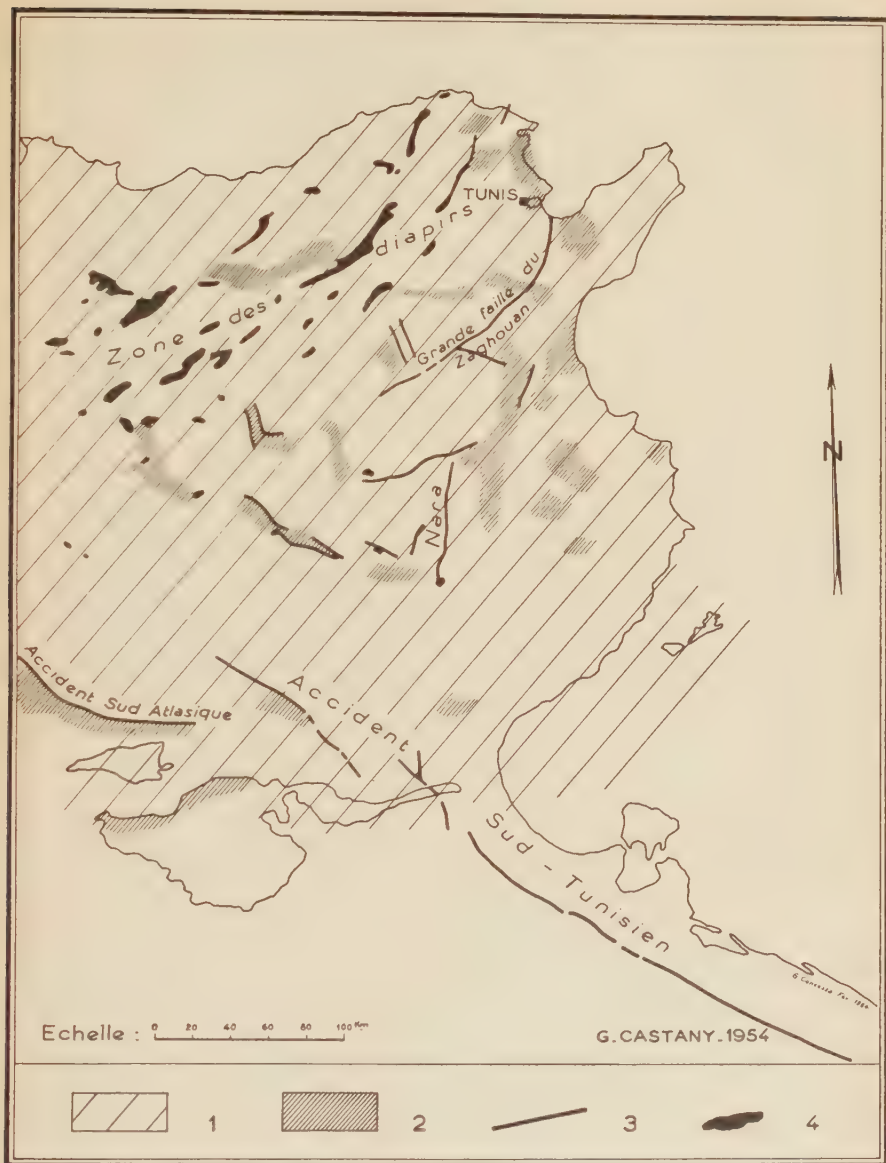


FIG. 4. — Grands accidents de la couverture.

1 : zone des plis de l'Atlas ; 2 : fossés subsidents ou d'effondrement ; 3 : grandes failles ou flexures ; 4 : massifs de Trias diapir.

Nous notons que la phase ultime du diastrophisme hercynien se situe au NW (Algérie) entre le Permien et le Lias et au S (Sud tunisien) entre le Lias et le Bathonien. Ces orogénèses successives aboutissent à des failles, des flexures et des plis dont les directions dominantes sont E-W et subméridiennes.



Fig. 5. — Cycles orogéniques comparés du socle et de la couverture en Tunisie.

B. LE SOCLE ET L'OROGÉNÈSE ALPINE. — Le socle a été marqué par les plissements du cycle alpin dont l'influence, importante au N, diminue vers le S. Cette reprise du matériel ancien aboutit au rejeu des directions paléozoïques. L'évolution du socle, au cours de l'orogénèse alpine, peut être reconstituée par l'étude de la paléogéographie dont il détermine, par ses déformations à grand rayon de courbure, les zones isopiques et isopaques. Des travaux récents nous ont permis de distinguer, dans le cycle alpin, trois époques : phase pré-orogénique, phase de plissement et de surrection et phase post-orogénique [Castany, 1951 a et 1952 a]. Synchroniquement, le socle subit un diastrophisme où déformations et failles permettent de reconnaître deux périodes (fig. 5) : une période de prédominance des déformations à grand rayon et une période de prédominance des failles. La première correspond à la phase pré-orogénique du cycle alpin et la seconde aux phases de plissement et post-orogénique.

a) Dans une première période de *prédominance des déformations*, qui s'étend du Lias au Nummulitique inférieur, les déformations du socle à grand rayon de courbure dominant. Elles sont enregistrées par la paléogéographie.

Les *grandes zones isopiques* E-W, créées par des déformations de même orientation du socle, montrent une certaine permanence au cours des temps secondaires. Localement, des *hauts-fonds* apparaissent à différentes époques. Ils correspondent à des panneaux ascendants du socle. Toujours localisés sur les mêmes emplacements, ils jouent verticalement durant tout le cycle alpin et correspondent aux amygdales mises en évidence en Algérie par L. Glangeaud [1952]. Nous en avons identifié sur les emplacements actuels des massifs jurassiques, du Nara-centre et du Touila-Cherahil. Par ses dimensions, la Tunisie centrale, qui évolue en plate-forme tantôt émergée tantôt submergée, constitue une grande amygdale. Les uns jouent vers le haut durant tout le cycle (massifs jurassiques), d'autres ne se manifestent que par des subsidences à la phase post-orogénique.

La première période est ainsi marquée par l'orogénèse commune du complexe unique que forment le socle primaire et son recouvrement sédimentaire. Tous deux manifestent une étroite solidarité qui se traduit par un diastrophisme de faible intensité avec déformations à grand rayon de courbure et des pulsations orogéniques localisées selon les lignes directrices anciennes.

b) *Période de prédominance des failles*. Avec la phase orogénique du cycle alpin marquée par un diastrophisme intense, la solidarité des deux complexes étant rompue, le substratum n'est plus intéressé directement par les déformations importantes de la couverture qui aboutissent aux chaînes actuelles. La fin du cycle alpin (période post-orogénique) se traduit par le rejeu des fractures dans les fossés quaternaires.

2^o ÉVOLUTION DE LA COUVERTURE.

La genèse de la couverture débute avec le Lias moyen pour s'achever aux dépôts actuels. Dans cette évolution nous pouvons distinguer deux périodes (fig. 5) : la période de dépendance du socle et de la couverture et la période d'indépendance et de plissement de la couverture avec décollement.

A. PÉRIODE DE DÉPENDANCE DU SOCLE ET DE LA COUVERTURE.

— Du Lias au Nummulitique, le recouvrement sédimentaire moule les déformations du socle et dépend étroitement de celles-ci tant du point de vue de la lithogénèse que de la puissance des sédiments. Cette solidarité est mise en évidence par les passages latéraux de faciès, la superposition des lignes isopiques et isopaques.

Elle est accusée par la permanence des hauts fonds sur les mêmes emplacements. Les grandes unités sont orientées W-E.

B. PÉRIODE D'INDÉPENDANCE ET DE PLISSEMENT AVEC DÉCOLLEMENT DE LA COUVERTURE. — Le premier diastrophisme qui rompt la solidarité du socle et de la couverture apparaît avec les plissements post-oligocènes supérieurs en anté-burdigaliens. Il est possible qu'au NW (Kroumirie), l'indépendance ait débuté avec la phase post-lutétienne. La phase anté-burdigalienne, qui marque un changement profond de la structure, provoque le décollement des assises et la déformation propre du recouvrement indépendante de celle du bâti profond. Les directions dominantes deviennent SW-NE. Il en résulte que les zones paléogéographiques du Secondaire et du Nummulitique inférieur ne correspondent pas aux unités tectoniques. C'est le début de la phase de plissement. Ses effets sont surtout importants au N, NW et W d'une ligne de flexure subméridienne, limite occidentale de la Tunisie orientale et centrale. La sédimentation est alors régie par les plis et déformations locales. Dès le Burdigalien, l'orogénèse évolue dans une aire épicontinentale, puis continentale à la fin du Miocène moyen. Les déformations se succèdent durant le Miocène, le Pliocène et le Pléistocène inférieur et moyen pour prendre fin avec cet étage. Le style des plis de chaque phase est influencé par celui des phases qui précèdent. Le complexe plissé marque une *tectonique superposée*. *Les chaînes de l'Atlas tunisien ont pris naissance en surface.*

Tectonique superficielle. Des mouvements locaux apparaissent au sein de la couverture, provoquant des dysharmonies souvent favorisées par des discontinuités stratigraphiques ou des variations brusques de faciès. Il s'agit alors d'une tectonique superficielle propre à la couverture. Elle est très nette dans la zone Kroumirie-Nefza où les travaux récents de Ch. Gottis [1953] ont montré, à la base du Flysch nummulitique, la présence d'une surface de discontinuité jalonnée par du Trias. Elle a été provoquée, selon cet auteur, par le *glissement local et limité* de la masse oligocène à la faveur de la discordance post-lutétienne. Nous noterons que le même phénomène s'est produit pour la nappe numidienne de A. Caire et M. Mattauer. Seulement ici il atteint une grande ampleur. Nous avons décrit des écailles superficielles dysharmoniques dans la région de Beja et de Tunis qui sont dues à la fragmentation des calcaires éocènes suivie de mouvements locaux. Les extrusions se classent également dans les phénomènes superficiels.

IV. — Influence du socle sur la couverture.

Le décollement de la couverture entraînant une orogénèse qui lui est propre n'a pas complètement supprimé l'influence du socle profond.

ÉTAGES	PRIMAIRE A TRIAS	LIAS A NUMMULITIQUE SUPÉRIEUR	MIOCÈNE A PLÉISTOCÈNE MOYEN	QUATERNAIRE RÉCENT
Cycles orogé- niques	HERCYNIE	ALPIN		
Phases orogé- niques	Plissement et surrection	Pré-orogénique	Plissement et surrection	Post-orogénique
Paléogéo- graphie		Unités et zones très nettes. Permanence	Unités morce- lées localisées et variables	Domaine conti- nental sauf cô- tes actuelles
COUVER- TURE		Formation Dépendance du socle	Décollement et plissement	Déformations Réajustement
SOCLE	Genèse	Déformations Plis de fond	Fractures	Rejeu des frac- tures anciennes

TABLEAU 2. — Évolution comparée du socle et de la couverture en Tunisie.

ACTION MÉDIATE ET IMMÉDIATE DU SOCLE. — Ainsi que l'a montré L. Glangeaud [1948 et 1949] dans le Jura, l'action du socle sur la couverture peut être plus ou moins directe, « immédiate ou médiate » suivant la puissance des sédiments intéressés, les efforts orogéniques mis en jeu et le degré de décollement de la couverture. Au cours de la phase pré-orogénique du cycle alpin, le substratum et son recouvrement étant solidaires, l'action immédiate du socle est généralisée. Avec la phase active de l'orogénèse (phase de plissement et de surrection), si la solidarité des deux complexes est rompue, le bâti profond a toujours une action prédominante, médiate ou immédiate. Celle-ci s'observe à deux échelles différentes, celle de la chaîne et celle des plis.

A. *Action du socle à l'échelle de la chaîne.* L'indépendance de la couverture est limitée par les accidents du socle. Les panneaux ascendants ou subsidents, les fractures assurent des ancrages locaux plus ou moins importants qui s'opposent à l'écoulement des assises superposées. Le « freinage » ainsi réalisé est de plus en plus important vers le S et le SE. Au NW dans l'Atlas tunisien nord-occidental, le jeu de la couverture, très épaisse (elle dépasse fréquemment 12 000 m), a pu s'exercer librement. Nous observons des plis parallèles, serrés et groupés dans le vaste synclinoorium du Kef-Tunis. Il en est de même sur l'emplacement de l'anticlinorium Kessera-Bargou. Dans les zones où l'action est immé-

diates, les fractures du socle ont limité les déplacements et le style de la chaîne est caractérisé par des plis faillés. C'est le cas des massifs jurassiques, de la chaîne Nara-Touila, des Djebels Trozza, Labeied, Cherichira et Batene. En fin de cycle, à la limite des cuvettes subsidentes ou des amygdales, naissent de grandes failles inverses et des failles-plis (Zaghouan et Tunisie centrale).

B. *Action du socle à l'échelle des plis*. Le style et la localisation des plis sont influencés et parfois même déterminés par la structure du socle. Nous pouvons distinguer *deux styles de plis* : le style souple et le style cassant. Dans le premier, la rareté et la faible ampleur des fractures du socle d'une part, et la puissance des sédiments d'autre part, ont donné une tectonique de couverture souple (plis du NW). Le style cassant marque l'influence immédiate du socle dont les fractures ou flexures se traduisent par une orogénèse complexe. *L'évolution des plis* est souvent conditionnée par les accidents du socle. Une fracture profonde donne naissance à une faille-pli ou un pli faillé (grande faille du Zaghouan, Tunisie centrale). La direction des axes n'est plus alors imposée par le sens des déformations mais par l'orientation de la dislocation profonde (chaîne du Nara). Une flexure du socle détermine également la localisation de plis (pli Mrhila-Trozza-Cherichira en bordure de la plate-forme de la Tunisie centrale).

Conclusions.

La structure actuelle de l'Atlas de Tunisie est le résultat d'une longue et lente évolution marquée par une série de déformations et de pulsations. Socle et couverture après une orogénèse commune montrent, à la suite des mouvements anté-burdigaliens, une indépendance relative qui se traduit par une tectonique de couverture. Mais l'influence du bâti profond est partout sensible, plus ou moins directe, immédiate ou médiate.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

- CAIRE A. (1951). — Structure et évolution de la zone subbibanique dans la région de Mansourah les Biban (Constantine-Algérie). *B. S. G. F.*, (6), I, p. 721.
- (1953 a). — Structure de l'unité A de la zone subbibanique (Algérie). *C. R. Ac. Sc.*, t. 237, p. 1260-1261.
- (1953 b). — Allochtone sud-tellien et autochtone présaharien au Nord du Hodna (Algérie). *Ibid.*, t. 237, p. 1428-1429.

- CAIRE A. et MATTAUER M. (1953). — Note préliminaire sur la nappe de glissement medjanienne du Tell algérien méridional. *Ibid.*, t. 237, p. 656-657.
- CAIRE A., GLANGEAUD L., MATTAUER M. et POLVÈCHE J. (1953). — Essai de coordination de l'autochtone et de l'allochtone dans l'Atlas tellien de l'Algérie centrale. *B. S. G. F.*, (6), III, p. 941-974.
- CASTANY G. (1949). — Phénomènes de subsidence plio-quaternaire en Tunisie. *Bull. Soc. Sc. nat. Tunisie*, t. II, p. 4-11.
- 1951 a). — Étude géologique de l'Atlas tunisien oriental. Thèse, Paris. *Ann. Mines et Géologie*, Tunis, n° 8.
- (1951 b). — L'orogénèse de l'Atlas tunisien. *B. S. G. F.*, (6), I, p. 701-720.
- (1952 a). — Paléogéographie, tectonique et orogénèse de la Tunisie. 19^e Congr. géol. intern. Alger, Monogr. région., 2^e sér., Tunisie, n° 1.
- (1952 b). — Atlas tunisien oriental et Sahel. *Ibid.*, 2^e sér., Tunisie, n° 6.
- (1953 a). — Notice explicative de la carte géologique de la Tunisie au 500.000^e. Tunis, Publ. Service géol. de Tunisie.
- (1953 b). — Le style tectonique des Hedil et de la région de Beja (Tunisie septentrionale) : ses rapports avec la « zone du flysch », *C. R. Ac. Sc.*, t. 236, p. 728-730.
- (1953 c). — Le style des plis de la région de Bizerte (Tunisie). Ses relations avec la tectonique régionale et la zone du « flysch numidien ». *Ibid.* t. 238, p. 2527.
- (1954). — L'accident sud-tunisien, son âge et ses relations avec l'accident sud-atlasique d'Algérie. *Ibid.*, t. 238, p. 916-918.
- CASTANY G. et LAPPARENT A. F. de (1952). — Discordances et phases de plissements dans l'Extrême-Sud tunisien et la Tripolitaine. *B. S. G. F.*, (6), II, p. 253-259.
- CIZANCOURT H. DE (1953). — Essais d'interprétation de certaines anomalies de la pesanteur en Méditerranée occidentale et en Afrique du Nord. *Ann. géophys.*, t. 9, fasc. 2, p. 126-152.
- CORNET A. (1952). — L'Atlas saharien Sud-oranais. 19^e Congr. géol. intern. Alger, Monogr. région, 1^{re} sér., Algérie, n° 12.
- COSTER H. P. (1952). — The gravity field of the Western and Central Mediterranean. Groningen.
- DAVID L. (1953 a). — Aperçu sur l'histoire géologique et la tectonique de la bordure méridionale du Tell dans les Monts de la Haute Medjerda (Algérie). *C. R. Ac. Sc.*, t. 237, p. 1338-1340.
- (1953 b). — Sur l'importance des déplacements tangentiels dans la zone sud-tellienne des environs de Souk-Ahras (Est-Constantinois). *C. R. somm. S. G. F.*, p. 287-289.
- DELEAU P. (1952). — Le pays constantinois. 19^e Congr. géol. intern. Alger, Monogr. région., 1^{re} sér., Algérie, n° 13.
- DURAND DELGA M. (1952). — Le Sud-Ouest de la Petite Kabylie. *Ibid.*, 1^{re} sér., Algérie, n° 10.
- FALLOT P. (1932). — L'essai de définition des traits permanents de la paléogéographie secondaire dans la Méditerranée occidentale. *B. S. G. F.*, (5), II, p. 535-552.
- (1949). — Les chevauchements intereutanés de Roya (A.-M.). *Ann. Hébert et Haug*, t. VII, p. 161.

- GLAÇON J. (1952). — Les monts du Hodna (partie orientale). 19^e Congr. géol. intern. Alger, Monogr. région., 2^e sér., Algérie, n° 7.
- GLANGEAUD L. (1932). — Étude géologique du Nord de la province d'Alger. Thèse, Paris. Bull. Serv. Carte géol. Algérie, 2^e sér., n° 8.
- (1933). — Unités paléogéographiques et structurales de l'Atlas méditerranéen (Algérie, Maroc, Tunisie). Actes Soc. linn. Bordeaux, t. XXXV.
- (1949-1950). — Le rôle du socle dans la tectonique du Jura. Bull. Soc. géol. Belgique, t. 73. C. R. sess. extr. des Soc. belges de géologie en 1947, p. 57-95.
- (1949). — Les caractères structuraux du Jura. B. S. G. F., (5), XIX, p. 669-688.
- (1951 a). — Interprétation tectonophysique des caractères structuraux et paléogéographiques de la Méditerranée occidentale. Ibid., (6), I, p. 735-762.
- (1951 b). — Réunion extraordinaire dans le Jura franco-suisse. Ibid., (6), I, fasc. 9.
- (1952 a). — Histoire géologique de la Province d'Alger. 19^e Congr. géol. intern. Alger, Monogr. région., 1^{re} sér., Algérie, n° 25.
- (1952 b). — Paléovolcanologie et tectonique de la Méditerranée occidentale. C. R. 19^e Congr. géol. intern. Alger, XV^e sect.
- (1952 c). — Tectonophysique comparée des chaînes telliennes et rifaines. B. S. G. F., (6), II, p. 619-639.
- (1953). — Étude comparée des nappes de glissement dans le Jura bressan et diverses régions méditerranéennes. Ibid., (6), III, p. 697-702.
- GLANGEAUD L. et LAGRULA J. (1952). — Corrélations entre les données gravimétriques et structurales dans le N de la province d'Alger. C. R. Ac. Sc., t. 235, p. 193-196.
- GOGUEL J. (1952). — Traité de tectonique. Paris, Masson.
- GOTTIS Ch. (1953 a). — Stratigraphie et tectonique du « flysch » numidien en Tunisie septentrionale. C. R. Ac. Sc., t. 236, p. 1059-1061.
- (1953 b). — Sur la discordance du « flysch » numidien en Tunisie septentrionale. Ibid., t. 236, p. 2521-2523.
- HILLY J. (1952). — Terminaison orientale de l'axe cristallin des chaînes littorales kabyles et volcanisme tertiaire. 19^e Congr. géol. intern. Alger, Excursion-croisière, livret-guide, p. 49-60.
- HOFFMANN B. J. (1952). — The gravity field of the West-Mediterranean area. Geol. en Mijnbouw, n° 8, p. 297-306.
- JOLEAUD L. (1936). — Étude géologique de la région de Bône et de La Galle. Bull. Serv. Carte géol. Algérie, n° 12.
- LAGRULA J. (1951). — Étude gravimétrique de l'Algérie-Tunisie. Ibid., 4^e série, n° 2.
- LAFFITTE R. (1939 a). — Étude géologique de l'Aurès. Thèse, Paris. Ibid., 2^e série, n° 15.
- (1939 b). — Les plissements post-nummulitiques dans l'Atlas saharien. B. S. G. F., (5), IX, p. 135-159.
- LELUBRE M. (1952). — L'Antécambrien de l'Ahaggar. 19^e Congr. géol. intern. Alger, Monogr. région., 1^{re} sér., Algérie, n° 6 et Thèse, Paris. Bull. Serv. Carte géol. Algérie.
- MATHIEU G. (1949). — Contribution à l'étude des monts Troglodytes dans l'Extrême-Sud tunisien. Ann. Mines et Géologie, Tunis, n° 4.

- MATTAUER M. (1953 a). — Observations sur la tectonique des massifs « méd-janiens » de l'Ouarsenis sud-oriental (Algérie). *C. R. Ac. Sc.*, t. 237, p. 623-624.
- (1953 b). — Sur les nappes de glissements de l'Ouarsenis oriental. *Ibid.*, t. 237, p. 741-742.
- RICOUR J. (1953). — Le contact Jura-Bresse dans la région de Lons-le-Saulnier. Travail d'équipe des géologues de la R. A. P. et du B. R. G. G. B. S. G. F., (6), III, p. 593-612.
- S. N. REPAL (1952). — Région sud-tellienne et Atlas saharien. 19^e Congr. géol. intern. Alger, Monogr. région, 1^{re} sér., Algérie, n° 20.
- SOLIGNAC M. (1927). — Étude géologique de la Tunisie septentrionale. Thèse. Tunis, J. Barlier et C^{ie}.
- VIENNOT P. (1928). — Première contribution à la connaissance des extrusions pyrénéennes. *Bull. Serv. Carte géol. France*, t. XXXI, n° 171.

LÉGENDE DES PLANCHES VII A X

PLANCHE VII.

Les écailles superficielles dysharmoniques de la région de Beja (vues aériennes verticales).

On distingue nettement les compartiments de calcaire éocène limités par des failles.

PLANCHE VIII.

Les plis des Hedil (vues aériennes verticales).

Nous notons successivement, d'W en E, les plis suivants orientés SW-NE : l'anticlinal du Djebel Anntra, le synclinal perché de Ganndouza bien visible au NE, l'anticlinal de el Hara et son ennoyage périclinal puis le synclinal de l'Oued Bassaria.

PLANCHE IX.

Les plis de la région de Bizerte (vues aériennes verticales).

Nous distinguons successivement, d'W en E, les plis suivants orientés SW-NE : l'anticlinal du Kebir, un premier synclinal dont la fermeture est très nette au SW, puis en contact par faille un second synclinal auquel succède l'anticlinal du Djebel Abiod.

PLANCHE X.

Les extrusions des massifs jurassiques.

FIG. 1. — Le Djebel Ressay (vue aérienne panoramique). Les calcaires du Jurassique supérieur (faciès récifal) redressés à 70-80° ont percé leur couverture crétacée.

FIG. 2. — Le Djebel Bou Kornine de Pont du Fahs (vue aérienne verticale). Les calcaires massifs du Lias ont percé le Crétacé.

AMPLEUR DE L'ÉROSION PONTIENNE ET DU COMBLEMENT PLIOCÈNE EN CAMARGUE¹

PAR **Lucien Beaufort, Jean Bruneau, André Grepin**
ET **Yves Jullian**².

Sommaire. — La phase d'érosion fluviale au Miocène terminal dans la vallée du Rhône et le comblement plaisancien du relief ainsi créé sont connus depuis longtemps grâce aux travaux de Fontannes et Depéret. Cependant les récents sondages de la Société nationale des Pétroles du Languedoc méditerranéen (SNPLM) ont établi sans ambiguïté l'ampleur, soupçonnée dès 1950 sur déduction de géologie de subsurface, et, indépendamment dès 1951 sur résultats sismiques, de ce ravinement dans la plaine du bas Rhône (Camargue *s. l.*) où des alluvions pontiennes existent à une profondeur, par rapport au niveau de la mer, supérieure à 1 000 m. Par extrapolation des renseignements de forage sur les documents géophysiques (sismique en particulier), les auteurs tentent de retracer le réseau hydrographique principal en Camargue à l'époque pontienne, notamment en recherchant le débouché du Rhône à travers la barrière mésozoïque enfouie à faible profondeur sous le littoral actuel.

INTRODUCTION. — L'importante synthèse de F. Fontannes sur le Pliocène de la vallée du Rhône, précisée plus tard par Ch. Depéret et rendue classique par les traités de E. Suess, E. Haug et M. Gignoux, souligne l'importance érosive de la phase continentale terminale du Miocène, dite pontique, tout au long du couloir rhodanien. Haug résume dans une simple phrase les conclusions de ces auteurs : « La phase continentale à la fin du Néogène moyen s'est terminée par le creusement de vallées profondes, entamant non seulement les dépôts néogènes inférieurs et moyens mais encore les terrains antérieurs³. »

Tout récemment, G. Denizot⁴, dans une importante note, fait le point sur les connaissances acquises sur ce sujet et dégage en particulier le schéma paléogéographique méditerranéen du Pontien : « Mais en outre, pour ce qui est de la Méditerranée à ce moment, les détroits espagnol et marocain s'étant fermés, et avant que ne s'ouvre celui de Gibraltar, il s'est produit une séparation complète de cette mer. Elle s'est alors réduite à une lagune, et a évolué indépendamment suivant les conditions climatiques : il y eut baisse de son niveau, en se bordant d'une frange littorale où peuvent singulièrement voisiner étangs saumâtres et lagunes de concentration. Telle est maintenant,

1. Cette étude est le résultat d'un travail d'équipe d'ingénieurs de la Société nationale des Pétroles du Languedoc méditerranéen et de la Compagnie générale de Géophysique. Nous tenons à remercier particulièrement MM. Bonnet et Bizon, géologues micropaléontologistes, et M. Bellon, technicien, tous à la SNPLM, ainsi que tout particulièrement M. Denizot, professeur à l'université de Montpellier, spécialiste de la Camargue, chez qui nous avons toujours trouvé le meilleur et le plus cordial accueil.

2. Note présentée à la séance du 5 avril 1954.

3. HAUG E. (1911) : Traité, t. II, fasc. 3, p. 1627.

4. DENIZOT G. (1952) : Le Pliocène dans la Vallée du Rhône. *Rev. Géogr. Lyon*, vol. XXVII, n° 4, p. 327-357, 9 fig.

en moins grand, la Mer Caspienne». Il est donc normal de pressentir, au débouché des grands fleuves méditerranéens actuels qui coulent sur l'emplacement de l'ancien réseau fluvial creusé à cette époque (tel est le cas du Rhône), l'existence d'une morphologie pontique très accusée, profondément enfouie sous les dépôts pliocènes. L'ampleur de ces ravinements devrait théoriquement être développée au maximum le long des fleuves collecteurs des eaux descendant des massifs montagneux nouvellement dressés par l'orogénie alpine.

Décrivant les résultats des sondages de la Société nationale des Pétroles du Languedoc méditerranéen (SNPLM), A. Bonnet et M^{me} Duboul-Razavet d'une part, et G. Denizot dans sa note précitée d'autre part, ont fait connaître la puissance très variable et parfois considérable du Pliocène de la plaine du bas Rhône dont les dépôts ont comblé un relief très accusé.

Cependant la preuve de l'ampleur du ravinement pontique en Camargue et du comblement pliocène consécutif n'avait pas encore été faite et l'absence de documents paléontologiques de valeur ne permettait pas d'étayer ce qui n'était malgré tout qu'une hypothèse.

Cet état de choses n'a cessé que ces derniers temps lorsque le sondage Charnier 1, situé sur l'emplacement présumé d'un comblement plaisancien d'une vallée pontique, a permis de prélever des échantillons donnant une réponse parfaitement satisfaisante.

Les renseignements apportés permettent de considérer comme valables les observations jugées jusqu'alors insuffisantes, apportées par les anciens sondages : Vaccarès 1, Montcalm 1 et 2, tout en permettant, par l'étalonnage rendu possible des mesures géophysiques, de dresser une ébauche de la topographie à l'époque pontienne.

LES GRANDS SONDAGES DE LA SNPLM. L'ÉVOLUTION DES IDÉES ET LES PROBLÈMES POSÉS PAR LEUR INTERPRÉTATION. — En 1949, la Société nationale des Pétroles du Languedoc méditerranéen (SNPLM) étendait ses recherches par géophysique et sondages dans la plaine du bas Rhône (appelée par extension Camargue *s. l.*). La fig. 1 situe les sondages effectués jusqu'à ce jour dans cette région et ajoute au cadre géographique, le cadre gravimétrique complexe de la Camargue (*s. l.*).

Les sondages montrèrent rapidement la réalité de la faille de Nîmes, accident bordier occidental de la Camargue *s. l.*, dont, dès 1938, Goguel pressentait l'importance¹, ainsi que la grande complexité géologique du tréfonds de ce secteur.

Les coupes géologiques des sondages n'ont pu être établies que grâce à un étalonnage minutieux, tant paléontologique et micro-paléontologique que pétrographique des terrains traversés².

1. GOGUEL J. (1938) : Remarques sur la tectonique du massif de Gigondas et des régions voisines. *B. S. G. F.*, (5), VIII, p. 358-359 et fig. p. 357.

2. BONNET A. et DUBOUL RAZAVET C. (1952) : Contribution à la connaissance du Pliocène du bas Rhône. *Ibid.* (6), II, p. 123-130, 3 fig. — BONNET A., JULLIAN Y., LYS M. et VATAN A. (1952) : Études dans le Néogène du bas Rhône. *Atti VII^e Conv. naz. Metano e Petroleo, Taormina.*

Les premiers sondages effectués dans la région de Nîmes et de Saint-Gilles ont trouvé des séries classiques comprenant la trilogie pliocène : cailloutis villafranchiens, sables astiens, argiles à fa-

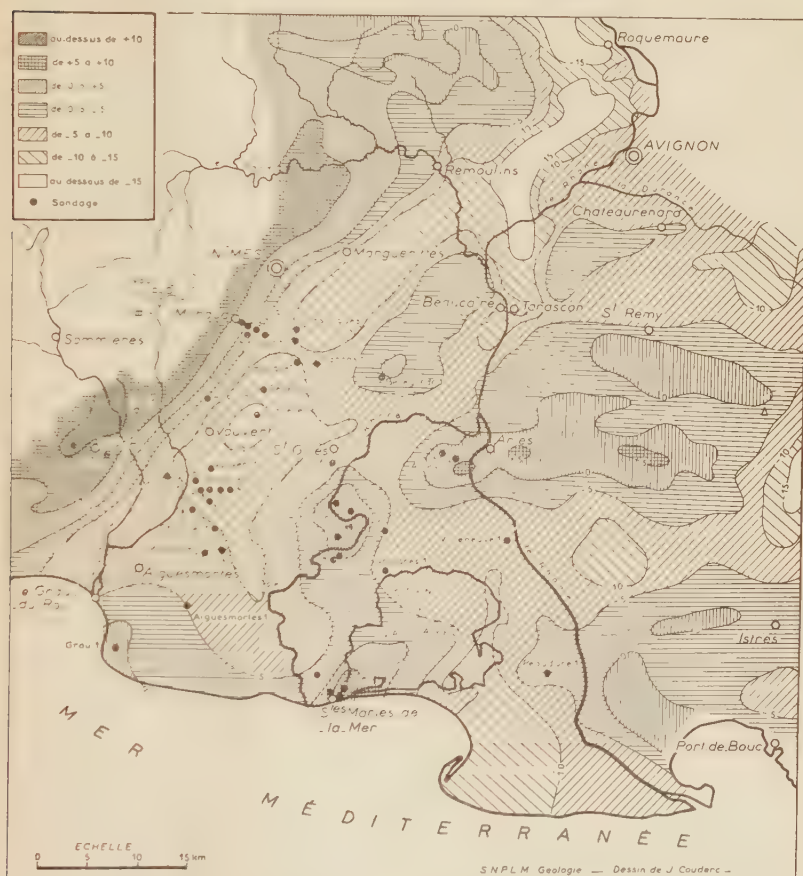


FIG. 1. — Carte gravimétrique de la Camargue s. l. et emplacement des sondages SNPLM. Carte publiée avec l'autorisation de la SNPLM.

ciès plaisancien), reposant généralement, soit sur le substratum mésozoïque : sondages d'Albaron, Mil 1, Bel 1, soit sur le Miocène : Mil 2, Mil 3, Mil 4, Vistrenque 1, Caissargues 1, Campagne 1, Alb 6, etc... Ce Miocène présentait ses faciès habituels comprenant la molasse grossière tortonienne au sommet, puis un Helvétien argileux ou sableux (faciès schlier et « safre ») reposant sur une molasse calcaire glauconieuse burdigalienne.

6 novembre 1954.

Bull. Soc. Géol. Fr., (6), IV. — 12

Des variations d'épaisseur dans les différents termes soulignent la variation paléogéographique de l'extension des mers au Miocène.

Cependant, certains autres sondages, et en particulier Vaccarès 1, Montcalm 1 et 2, montrèrent un faciès argileux du type schlier qui, commençant sous les sables astiens, se poursuivait sans interruption sur plus de 1 000 m jusqu'au substratum antéburdigalien, aquitainien marin généralement, et ne trouvaient plus trace des molasses glauconieuses grossières du Burdigalien ou du Tortonien.

Deux hypothèses étaient en présence :

— soit une érosion pontienne ayant fait disparaître les dépôts miocènes et créant des dépressions, comblées ensuite par les sédiments argileux plaisanciens ;

— soit un envahissement du faciès schlier sur toute la hauteur du Miocène, par suite de la situation vers la haute mer des sondages envisagés.

Les renseignements paléontologiques étaient rares et de valeur discutable, étant donné la très grande rapidité des forages dans ces terrains (plus de 500 m en 24 h) occasionnant de très importants mélanges dans les déblais remontés et ne permettant pas en toute honnêteté de trancher la question.

Cependant le faciès « molasse » existant sur toute la partie de la Camargue *s. l.*, c'est-à-dire : à l'W, molasse de Montpellier et de Sommières ; au N, molasse des Baux et à l'E, molasse de Saint-Chamas, et, d'autre part, le Burdigalien, n'étant pas connu dans la vallée du Rhône sous un faciès entièrement argileux, l'hypothèse la plus vraisemblable était celle d'un comblement plaisancien d'un très important relief pontien.

PROBLÈMES D'INTERPRÉTATION GÉOPHYSIQUE. — Les campagnes de prospection sismique sur l'étendue de tout le périmètre de la SNPLM, faisaient ressortir une simplicité apparente des miroirs du Néogène sur un substratum antéburdigalien complexe.

Dans les différentes interprétations proposées, l'un de nous (L. B.) s'attacha à montrer que, sur certains profils, on pouvait tracer un horizon particulier, recoupant les autres horizons à allure structurale : il y voyait la présence d'une ancienne surface de ravinement. Ce « fantôme » particulier a été appelé « surface 10 ».

Le nombre de mesures et la continuité des miroirs n'étaient pas suffisants pour tracer une carte d'isobathes de cette « surface 10 ». En particulier, il était difficile de voir dans quelle direction cette grande dépression s'ouvrait vers la mer.

Quoi qu'il en soit, une double présomption lithologique et sis-

mique militait en faveur de l'existence d'une profonde érosion pontienne. Seul le manque de preuve paléontologique, joint à l'importance de la morphologie pressentie pour une époque si proche de nous, ne permettait pas de conclure à la réalité de cette hypothèse.

ÉVOLUTION DES IDÉES. LES SONDAGES CÔTIERS. — L'interprétation de la carte gravimétrique suggérant une remontée assez forte du substratum mésozoïque le long du littoral (fig. 1), deux sondages, Grau 1 et Saintes 1, implantés pour traverser les biseaux tertiaires éventuels, rencontraient le Portlandien respectivement à — 800 et — 130 m, vérifiant ainsi pleinement l'hypothèse. On peut donc admettre qu'un relief, aujourd'hui enfoui, existait au Pontien à l'emplacement des côtes actuelles et séparait les dépressions continentales de la mer. Un réseau hydrographique devait donc descendre vers ces dépressions et se diriger vers l'intérieur des terres. Ces cours d'eau descendant vers le N devaient rejoindre le collecteur principal, probablement le Rhône ou la Durance pontienne, pour aller franchir cette barrière en un point et se jeter ensuite dans cette mer intérieure qu'était devenue la Méditerranée pontique.

LES SONDAGES AU MIOCÈNE. — D'autres arguments purement pétroliers vinrent militer en faveur de la réalité de l'érosion pontienne. La recherche des possibilités d'accumulation de pétrole dans les roches-magasin miocènes montra que ces roches étaient toutes aquifères, quoique des traces de produits hydrocarburés (asphaltes, traces de gaz combustible, quartz tachés, etc...) semblaient indiquer la présence d'huile avant la mise en place de l'eau. Ces faits s'expliqueraient très bien si les gisements miocènes existant avaient été détruits par l'érosion pontienne qui les aurait mis au jour. Il devenait donc du plus haut intérêt industriel de fixer ce point géologique : c'est ce qui vient d'être fait au sondage Charnier 1.

Charnier 1. La recherche de l'extension du petit gisement oligocène de Gallician, près Vauvert en Camargue s. l., avait conduit la SNPLM à implanter un sondage à l'emplacement actuel de l'étang du Charnier. Ce sondage était situé au droit d'une brusque inflexion de la surface 10 qui atteint en ce point la cote — 1 200 m.

La série traversée par Charnier 1 a été entièrement argileuse, sans trace de molasse calcaire ou de grès et une carotte prélevée entre 1 025 et 1 030 m a donné une récupération totale d'argile plastique, contenant une microfaune caractéristique du Pliocène inférieur (Plaisancien), permettant de dater, sans ambiguïté, ces terrains. Le pendage est, en outre, subhorizontal.

Il est, d'autre part, intéressant de souligner l'identité des minéraux lourds extraits de cette carotte et de ceux du Plaisancien habituel ainsi que le faciès « gonflant » de cette argile analogue à celui des argiles plaisanciennes prélevées dans d'autres sondages (Gallician 1, Albaron 8), mais à profondeur bien moindre (200 à 600 m).

Sous ce Plaisancien, vers 1 180 m, le sondage est entré dans l'Aquitanien, sans interposition de Vindobonien et de Burdigalien, étages qui cependant existent sur plusieurs centaines de mètres de puissance dans tous les sondages du secteur voisin de Gallician (fig. 2). D'autre part, cet Aquitanien, lui-même très fortement réduit, reposait directement sur le Stampien calcaréo-salifère touché à 1 240 m.

Ainsi, la réalité de l'ampleur de l'érosion pontienne (plus de 500 m de sédiments enlevés) et du comblement pliocène (dont plus de 1 000 m sont formés par les argiles plaisanciennes) est-elle démontrée. Une vallée pontique, enfouie sous près de 1 200 m de sédiments pliocènes existe actuellement à l'emplacement de Charnier 1.

RÉVISION DES RENSEIGNEMENTS ACQUIS ANTÉRIEUREMENT. — La mise en évidence de l'ampleur de ces stades de glyptogénèse et de sédimentation conduisit à revoir les renseignements acquis, tant au point de vue de géologie de sondage (subsurface) que de géophysique, pour tenter de retracer l'ancien réseau hydrographique du Pontien.

Certains renseignements de sondages étaient valorisés. Ainsi la microfaune pliocène, trouvée dans une carotte de « C. L. A. B. »¹ Schlumberger à — 1 000 m au sondage Montcalm 2, l'absence de microfaune miocène dans les épaisses séries argileuses de Vaccarès 1 et de Montcalm 1 et 2 montrent que ces forages étaient situés au droit d'une vallée pontienne comblée par le Pliocène. De même, les réductions d'épaisseur du Miocène, constatées dans certains puits (notamment Gallician 4 et Albaron 2) s'expliquent sans difficulté étant donné leur situation en flanc de vallée. Enfin, se vérifie l'attribution au Pontien d'un niveau de sable grossier de 80 m de puissance, intercalé entre le Pliocène et l'Aquitanien, et dont l'âge avait été pressenti par suite de son contenu en minéraux lourds aberrants. Cette formation représente très certainement des alluvions fluviales pontiques.

L'étalonnage des renseignements géophysiques est en accord avec les prévisions géologiques. Tout au long du littoral actuel, les profils sismiques montrent les « thalwegs » formés par la surface 10,

1. C. L. A. B. abréviation de « carottage latéral à balles ». Procédé consistant à prélever une petite carotte cylindrique de $5 \times 3 \times 1$ cm par percussion dans les parois des sondages.

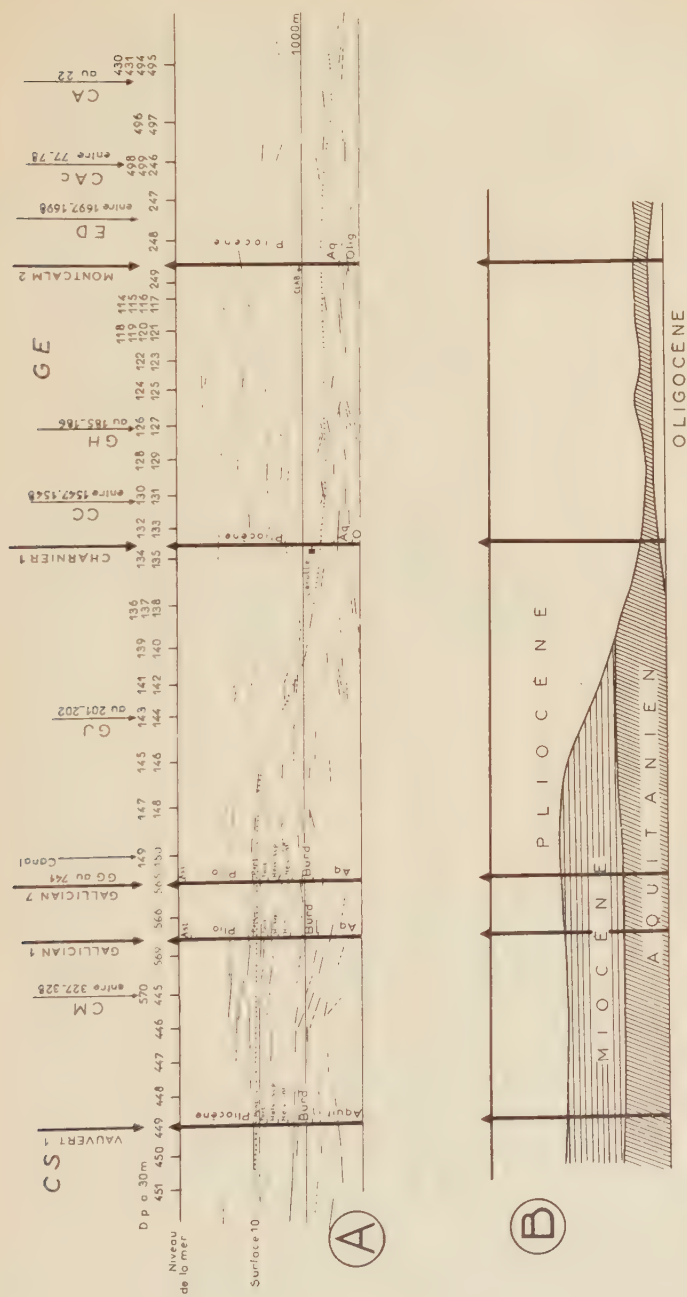


Fig. 2.

A : Profil sismique GE passant par les sondages de Vauvert 1, Gallician 1 et 7, Charnier 1 et Montcalm 2. En pointillé : tracé de l' « horizon fantôme » subodorant l'érosion pontienne. CS, CM, GG, GJ, CC, GH, ED; CAC, CA : profils sismiques coupant le profil GE.

B : Coupe géologique basée sur les données de subsurface interprétant le profil ci-dessus.

pentés vers le N. Quelques anomalies de surfaces fermées rompent la monotonie des fonds de vallées qui, par Saint-Gilles, se dirigent vers un collecteur principal dont la situation géographique laisse présumer qu'il s'agit du Rhône pontien. Ce collecteur, franchement axé vers le S, rencontre au-delà du village de Villeneuve un nou-

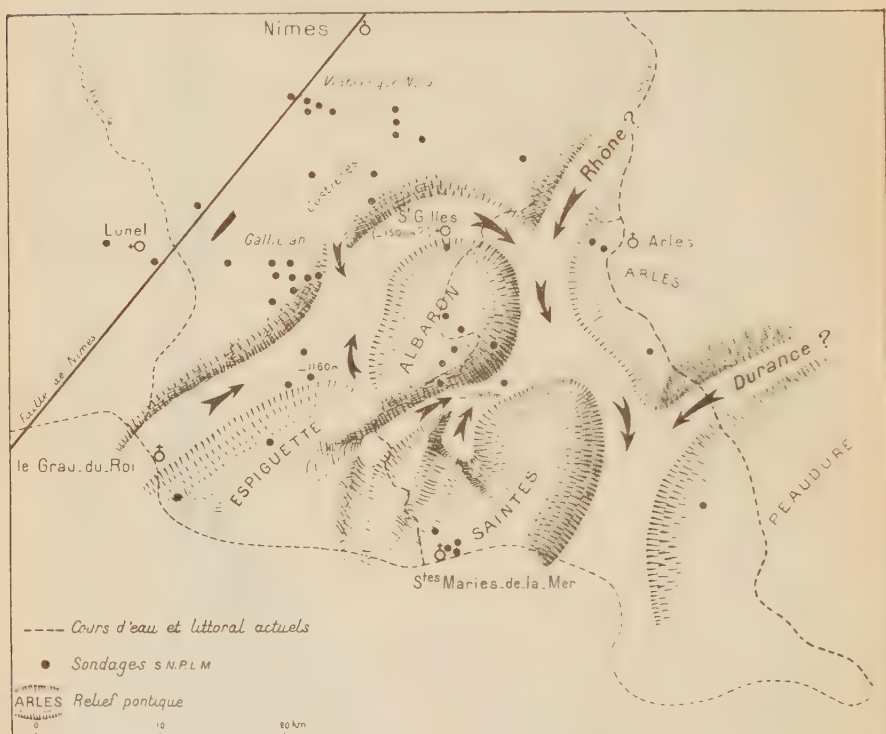


FIG. 3. — Esquisse de soubassement pliocène et interprétation de la morphologie pontienne.

veau thalweg venant de l'E et rien ne s'oppose à ce qu'il représente la Durance du moment. Les vallées se réunissent et se dirigent vers le littoral actuel qu'elles traversent vers la pointe de Beauduc, c'est-à-dire suivant la forte anomalie négative de la gravimétrie (fig. 1). Ainsi les grandes lignes de la morphologie continentale pontique semblent pouvoir être tracées ; c'est ce que tente de faire la fig. 3.

Soulignons que les surfaces fermées, signalées plus haut, et contre lesquelles venaient buter l'interprétation sismique, s'expliquent

facilement dans la conception du gauchissement du Pliocène, exprimée encore récemment par G. Denizot. Elles ne représenteraient que des cuvettes du style de celle de Bollène-Saint-Montant ; Montélimar-Livron, ou de Valloire-Gallaure.

CONCLUSIONS. — Cette étude représente le premier essai de synthèse des résultats acquis à ce jour sur la morphologie fluviale pontienne et de son comblement pliocène en se basant sur les documents de forage et de géophysique exécutés par la SNPLM. Forcément incomplète, elle peut et doit être précisée par les études à venir, mais d'ores et déjà elle souligne un certain nombre de faits que l'on peut énumérer ainsi :

— L'identité de composition lithologique, minéralogique et micro-paléontologique des terrains plaisanciens, prélevés à une grande profondeur (Charnier 1 : 1 025-1 030 m) et à faible profondeur (Gallician 1 : 560 m ; Albaron 8 : 200 m), indique une très grande rapidité de sédimentation, en accord avec l'hypothèse de l'invasion brutale du continent par la mer à l'aurore des temps pliocènes.

— Le Miocène complet (Tortonien-Helvétien-Burdigalien), peu raviné, est présent à proximité des profondes vallées d'érosion pontienne. Le contact entre Pliocène et Miocène est fait alors par une argile gris jaunâtre, appelée à la SNPLM « repère pontien », mais qui, en réalité, doit représenter un ancien sol remanié par les eaux marines pliocènes (débris ligniteux, microfaune pliocène). Cette tranquillité apparente des plateaux, dominant les vallées profondes en terrain argileux, suggère la présence d'axes d'effort des agents d'érosion, concrétisés par des cours d'eau tumultueux provenant de fortes hauteurs avoisinantes. Ces reliefs élevés peuvent être apparus au cours de la phase tectonique « rhodanienne » de Stille. Si pour le « Rhône » et la « Durance » pontienne cette hypothèse est facilement concevable, son acceptation pour les cours d'eau venant du S implique l'existence d'un relief élevé, approximativement situé à l'emplacement du littoral actuel, ainsi que de son affaissement ultérieur. La chaîne calcaire enfouie, dont il a déjà été question, représente vraisemblablement ce relief.

— L'affaissement de la Camargue *s. l.* au début du Pliocène est prouvé en partie par la soudaineté de la transgression marine qui a dû passer la barrière littorale citée plus haut (quoique une explication eustatique puisse être aussi invoquée), mais surtout par la présence, à des profondeurs supérieures à — 600 ou — 700 m, du toit du Miocène non érodé, pratiquement horizontal et enfin, par les profondeurs du mur du Plaisancien (— 1 200 à Charnier et Montcalm, — 1 500 ? au droit de Saint-Gilles) qui obligent à envi-

sager pour le niveau de la mer pontique, dans l'hypothèse eustatique, une cote inférieure voisine de — 2 000 m, ce qui semble invraisemblable.

— Les conséquences de cet affaissement sont la subsidence du Pliocène qui atteint presque toujours en Camargue *s. l.* des épaisseurs de plusieurs centaines de mètres.

— Enfin, on peut imaginer qu'à l'emplacement de la mer actuelle, ces fleuves pontiens se sont poursuivis et ont été comblés par les sédimentations terrigènes successives pliocènes et quaternaires, mais que les profonds cañons entamant le plateau continental du golfe du Lion et décrits par J. Bourcart représentent encore des témoins de cette morphologie pontique.

DÉCAPODES NOUVEAUX DE LA PARTIE OUEST DU SÉNÉGAL

PAR Jean-Marcel Remy ET Fernand Tessier ¹.

PLANCHE XI.

Sommaire. — Le matériel étudié provient de prospections faites dans la partie ouest du Sénégal par F. Tessier. Il contient : une espèce déjà connue en Europe, *Plagiolophus wetherelli* BELL ; une nouvelle variété, *Neptunus hungaricus* LÖRENTHEY *var. lutetianus* ; quatre espèces nouvelles, *Xanthopsis africana*, *Palaeocarpilius straeleni*, *Branchioplax ballingi*, *Goniocypoda tessieri* ainsi que quelques restes indéterminables.

Le matériel de F. Tessier a été récolté de 1945 à 1948. Il fut confié en 1949 à M. Van Straelen, mais les circonstances ne permirent à celui-ci qu'un examen rapide. Les déterminations, réduites au nom de la famille, figurent dans la thèse de F. Tessier [1952, p. 313-314, pl. 39, fig. 7-23 ; pl. 40, fig. 1-10]. Le matériel, par l'abondance et la variété des restes, laisse présumer la présence d'une faune de Crustacés nombreuse, dans une région où jusqu'à une date récente aucun Décapode n'avait été signalé.

Toutes les localités citées dans le texte figurent sur la carte géologique de l'A. O. F., feuilles Dakar-Est, Thiès-Ouest, à l'échelle du 200 000^e, édition 1951.

TABLEAU DE RÉPARTITION STRATIGRAPHIQUE ET GÉOGRAPHIQUE.

LUTÉTIEN INFÉRIEUR : *Neptunus hungaricus var. lutetianus nov. var.* ; Kip, Keur Diarik près Dangdam, Diarène.

Palaeocarpilius straeleni nov. sp. ; Bampanna.

YPRÉSIEN : *Plagiolophus wetherelli* BELL ; Bargny.

PALÉOCÈNE : *Branchioplax ballingi nov. sp.* ; Marigot de Balling.

MAESTRICHTIEN : *Goniocypoda tessieri nov. sp.* ; Popenguine.

Xanthopsis africana nov. sp. ; Popenguine, Pantior près Sebikotane (Maestrichtien probable).

1. Note présentée à la séance du 5 avril 1954.

ÉTUDE SYSTÉMATIQUE

PAR J. M. Remy.

Famille **Portunidae**.Genre *Neptunus*.*N. hungaricus* LÖRENTHEY *var. lutetianus* nov. var.

Pl. XI, fig. 5.

F. Tessier [1952, pl. 40, fig. 2 et 10 ; p. 313 (non figuré)].

MATÉRIEL ÉTUDIÉ. — *Holotype* : une carapace engagée dans une gangue calcaire. Coll. Tessier, Muséum de Paris. Localité : Kip. Niveau : Lutétien inférieur.

Cotypes : 2 exemplaires. Localité : Keur Diarik (près Dangdam), Diarine. Même niveau.

DIMENSIONS. — $L = 3,8$ cm ; $l = 6, 2$ cm.

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES. — Les dimensions sont légèrement inférieures à celles qui ont été données par Lörenthey [1899, p. 14] pour *N. hungaricus* LÖRENTHEY, le rapport $\frac{L}{l}$ est sensiblement le même. On retrouve sur la variété *lutetianus* tous les caractères de *N. hungaricus* avec les variations suivantes : moindre accentuation des dents du bord latéro-antérieur : absence de bourrelet longeant le sillon gastrique au voisinage de la région branchiale ; allure particulière du sillon signalant la soudure entre les deuxième et troisième plaques sternales : chez *N. hungaricus*, ce sillon est sensiblement parallèle au bord latéro-antérieur ; chez la variété, il est parallèle au bord latéro-postérieur. Cette disposition est réalisée chez *N. catalaunicus* VIA, mais l'espèce étudiée n'a pas les caractères présentés par la face tergale de l'espèce espagnole. P1 est représenté par un propodite présentant les arêtes longitudinales spéciales aux *N*.

Famille **Xanthidae**.Genre *Xanthopsis* Mc Coy.F. Mc Coy [1849, p. 162] (*Xanthopsis*).

Th. Bell [1858, p. 10].

E. Lörenthey et K. Beurlen [1929, p. 203-205].

TYPE : *X. leachi* (DESMAREST). L'antennule oblique, l'article basilaire de l'antenne important et dirigé vers l'avant, sont deux

caractères observés sur tous les *Xanthopsis*, on doit donc leur reconnaître une incidence générique.

X. africana nov. sp.

Pl. XI, fig. 1.

F. Tessier [1952, p. 314 ; pl. 39, fig. 9-10].

MATÉRIEL ÉTUDIÉ. — *Holotype* : carapace en excellent état. Coll. Tessier, Muséum de Paris. Localité : Popenguine (Sénégal). Niveau : Maestrichtien.

Un autre exemplaire communiqué récemment par F. Tessier et comportant un tergum, un sternum, un prododite (ces trois parties étant disposées sur une carotte de sondage), doit être rapporté à la même espèce. Coll. Tessier, Muséum de Paris. Localité : Pantior près Sébikotane, sondage 1169¹, à 167 m. Niveau : Maestrichtien probable.

DESCRIPTION. — Céphalothorax très arqué dans le sens antéro-postérieur, peu dans le sens latéral. L = 2,1 cm ; l = 3,1 cm. Front plongeant. Cavités orbitaires larges. Bords latéro-antérieurs convexes, dentés. Bord postérieur concave.

Régions bien délimitées. Région gastrique avec cinq lobes, deux lobes épigastriques réduits, deux lobes métagastriques, un lobe mésogastrique. La région est limitée par deux sillons qui se poursuivent jusqu'au bord postérieur. Région cardiaque avec lobe suivi d'une dépression postérieure. Régions hépatiques petites, situées très latéralement, elles portent un lobe. Régions branchiales composées de trois lobes, deux antérieurs très aigus, un postérieur.

Les plaques sternales visibles ne présentent aucune particularité. Le deuxième article de Pmx3 est allongé et incurvé. L'ischiopodite de P1 est conservé. Sur l'échantillon de Pantior un propodite présente les caractéristiques du genre.

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES. — *X. africana* ressemble à *X. hendersonia* RATHBUN, par ses gros tubercules, mais dans cette dernière espèce ils sont absents sur la partie antérieure. Avec *X. cretacea* RATHBUN, les points communs sont très nombreux, mais il n'existe pas sur notre espèce de dents importantes sur le bord antérieur, ni d'avancée du lobe mésogastrique ; le lobe branchial postérieur présente aussi une topographie différente.

1. N° de l'Inventaire des Ressources hydrauliques de la Direction des Mines de P.A. O. F.

Genre *Palaeocarpilius* A. MILNE-EDWARDS.*P. straeleni* nov. sp.

Pl. XI, fig. 2.

F. Tessier [1952, p. 314 ; pl. 40, fig. 5].

MATÉRIEL ÉTUDIÉ. — *Holotype* : un tergum. Coll. Tessier, Muséum de Paris. Localité : Bampanna. Niveau : Lutétien inférieur.

DESCRIPTION. — Carapace fortement bombée, plus particulièrement dans le sens antéro-postérieur. Forme ovale. L = 1,3 cm ; l = 2,1 cm.

Bords latéro-antérieurs très longs, amorçant un recourbement vers l'arrière. Bords latéro-postérieurs à peine concaves. Bord postérieur rectiligne.

Partant de l'angle situé entre le bord latéro-antérieur et le bord latéro-postérieur, un bourrelet se dirige vers le centre de la carapace et s'évanouit à 0,4 cm environ du bord. Cinq dents très petites, de taille décroissante vers l'avant, découpent le bord latéro-antérieur. Cinq tubercules, situés à 0,5 cm du bord latéro-antérieur et disposés sur une courbe sensiblement parallèle à ce bord, correspondent aux dents.

Front très plongeant, vertical à son extrémité. Sa largeur, mesurée d'un angle orbitaire interne à l'autre, est égale au tiers de la longueur d'un bord latéro-antérieur. Son épaisseur est très grande. Cavités orbitaires importantes ; elles encavent le bord latéral et sont limitées par un léger bourrelet. Dent sus-orbitaire interne.

L'ouverture pour le pédoncule oculaire est très oblique.

La région antennaire n'est pas représentée.

Aucune différenciation de la face tergale en régions, sauf au voisinage de la région uro-gastrique où il y a deux dépressions en forme de virgule, identiques à celles de tous les *Palaeocarpilius*.

A la base du front, une paire de bourrelets. Sur la région cardiaque trois granules forment les sommets d'un triangle dont la pointe est dirigée vers l'arrière.

Absence totale de la face sternale et des péréiopodes.

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES. — *P. straeleni* ressemble aux *P.* par sa forme générale, le bombement de la carapace, le front épais et plongeant, la courbure des bords, l'absence de régions différenciées. Il est très regrettable que l'on n'ait pas la région antennaire qui est si caractéristique chez les *P.* *P. straeleni* se distingue de *P. macrocheilus* var. *coronata* BITTNER par une ornementation de lobes disposés plus postérieurement et selon un plan différent (nous jugeons d'ailleurs inutile l'existence de cette variété qui ne diffère de *P. macrocheilus* (DESMAREST) que par la présence de lobes. Or ceux-ci sont représentés sur le type de cette dernière espèce).

L'espèce se distingue aussi pour les mêmes raisons de *P. stenura* REUSS, dont l'appartenance au genre *P.* est pour nous douteuse.

Les autres *P.* ne portant aucun lobe sur le tergum ne peuvent être confondus avec la nouvelle espèce.

Famille **Goneplacidae** DANA.

Genre ***Branchioplax*** RATHBUN.

***B. ballingi* nov. sp.**

Pl. XI, fig. 6 et text-fig. 1 A.

F. Tessier [1952, p. 313 (non figuré)].

MATÉRIEL ÉTUDIÉ. — *Holotype* : un tergum fragmentaire. Coll. Tessier, Muséum de Paris. Localité : Marigot de Balling. Niveau : Paléocène.

DESCRIPTION. — Carapace sub-carrée, peu convexe, L = 0,7 cm ; l = 0,8 cm. Bord frontal sensiblement droit. Bords latéro-antérieurs découpés par trois dents, faisant un angle léger avec les bords latéro-postérieurs. Bord postérieur droit. Front proéminent portant une scissure médiane. Cavités orbitaires importantes, très légèrement ouvertes sur le côté. Bourrelet orbital.



FIG. 1.

A : *Branchioplax ballingi* nov. sp. (reconstitution) $\times 1,3$.

B : *Goniocypoda tessieri* nov. sp., abdomen mâle ? $\times 2,5$.

Région gastrique composée de deux lobes épigastriques, deux lobes métagastriques, un lobe mésogastrique pointu vers l'avant.

Région cardiaque ornée de trois tubercules, deux en avant, un en arrière. Régions hépatiques petites. Régions branchiales avec, antérieurement, deux proéminences allongées latéralement, postérieurement, un gros lobe arrondi et peu gonflé. Des granulations fines, peu marquées et très denses recouvrent toute la carapace.

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES. — *B. ballingi* appartient au genre *B.* par la forme générale et la topographie des régions. Il est très

voisin des *B. washingtoniana* RATHBUN, mais il s'en distingue par un front moins large et plus proéminent : une région cardiaque plus étendue vers l'arrière.

Genre *Plagiolophus* BELL.

P. wetherelli BELL.

Pl. XI, fig. 3.

Ta. Bell [1858, p. 19, pl. 2, fig. 7-13].

F. Tessier [1952, p. 314 ; pl. 39, fig. 20-23].

MATÉRIEL ÉTUDIÉ. — 4 exemplaires.

Types : Coll. Tessier, Muséum de Paris. Localité : Bargny. Niveau : Yprésien.

Cette espèce très caractéristique est signalée au même niveau en Angleterre, Belgique, Allemagne du Nord, Danemark.

Famille *Ocypodidae* MILNE-EDWARDS.

Genre *Goniocypoda* WOODWARD.

G. tessieri nov. sp.

Pl. XI, fig. 4 et text.-fig. 1 B.

F. Tessier [1952, p. 313 ; pl. 39, fig. 8, 11, 13].

MATÉRIEL ÉTUDIÉ. — *Holotype* : un reste entier. Coll. Tessier, Muséum de Paris. Localité : Popenguine. Niveau : Maestrichtien.

Autre matériel : deux exemplaires, même localité, même niveau.

DESCRIPTION. — Carapace rectangulaire, très bombée dans le sens antéro-postérieur, très peu dans le sens latéral. $L = 1,4$ cm ; $l = 1,8$ cm. Front proéminent et plongeant. Bord antérieur entièrement occupé par la gouttière oculaire. Bords latéraux incurvés régulièrement jusqu'au bord postérieur rectiligne.

Régions peu distinctes. Deux sillons sont visibles au contact des régions urogastrique et cardiaque, ils affectent une forme de virgule et permettent de fixer approximativement les limites des régions gastrique et cardiaque ; cette dernière est la plus nette. Ornementation composée de fines dépressions surtout apparentes sur les régions branchiales.

Abdomen mâle ? triangulaire (text-fig. 1 B) composé de six articles, les deux derniers sont les plus longs.

P1 dextre débordant de la carapace. Carpus quadrangulaire et épais. Propodite allongé. Les autres périopodes sont fins et de section triangulaire.

Une forme non adulte, $L = 0,9$ cm ; $l = 1,2$ cm montre que l'accroissement de taille est corrélatif d'une légère diminution du rapport $\frac{L}{l}$.

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES. — *G. tessieri* appartient au genre *Goniocypoda* par la forme générale quadrangulaire, le front proéminent et plongeant, la gouttière oculaire, l'absence presque complète de la différenciation des régions. Elle diffère de *G. edwardsi* WOODWARD par l'absence de tubercules sur la région cardiaque et de sillon limitant la région gastrique. Elle n'a pas les lobes différenciés de *G. sulcata* CARTER, ni la forme très allongée et le bord sinueux de *G. transsylvanica* BITTNER.

Restes indéterminables.

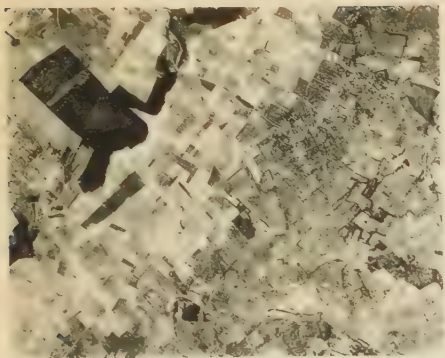
F. Tessier [1952, p. 313-314] cite plusieurs restes indéterminables. On voudra bien se reporter à cet ouvrage.

BIBLIOGRAPHIE

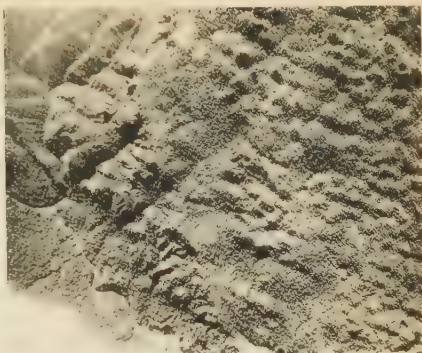
- BELL Th. (1858). — A monograph of the fossil Malacostracous Crustacea of Great Britain. Part I. Palaeont. Soc. Londres.
- LÖRENTHEY E (1899). — Beiträge zur Decapodenfauna des ungarischen Tertiärs. *Termesz. Füzetek.*, vol. 21.
- LÖRENTHEY E. et BEURLEN K. (1929). — Die Fossilen Dekapoden der Länder der ungarischen Krone. *Geol. Hungarica*, ser. Palaeont., fasc. 3.
- Mc COY F. (1849). — On the classification of some British fossil Crustacea. *Ann. Mag. nat. Hist.*, ser. 2, vol. 4.
- TESSIER F. (1952). — Contribution à la Stratigraphie et à la Paléontologie de la partie ouest du Sénégal (Crétacé et Tertiaire). Thèse, Marseille 1950 et *Bull. Direction Mines A. O. F.*, n° 14, Dakar.

LÉGENDE DE LA PLANCHE XI

- FIG. 1. — *Xanthopsis africana* nov. sp. × 2,5. Vue tergale.
- FIG. 2. — *Palaeocarpilius straeleni* nov. sp. × 3. Vue tergale.
- FIG. 3. — *Plagiolophus wetherelli* BELL × 2,5. Vue tergale.
- FIG. 4. — *Goniocypoda tessieri* nov. sp. × 2,5. Vue tergale.
- FIG. 5. — *Neptunus hungaricus* LÖRENTHEY var. *lutetianus* nov. var. × 1,5. Vue tergale.
- FIG. 6. — *Branchioplax ballingi* nov. sp. × 2. Vue tergale.
-



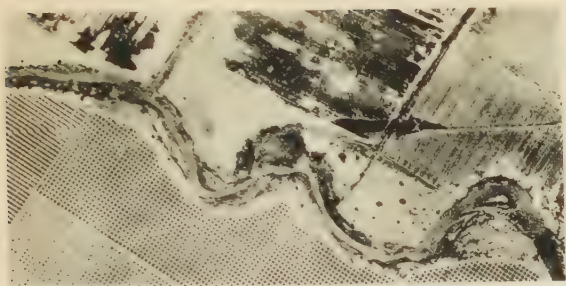
1



2



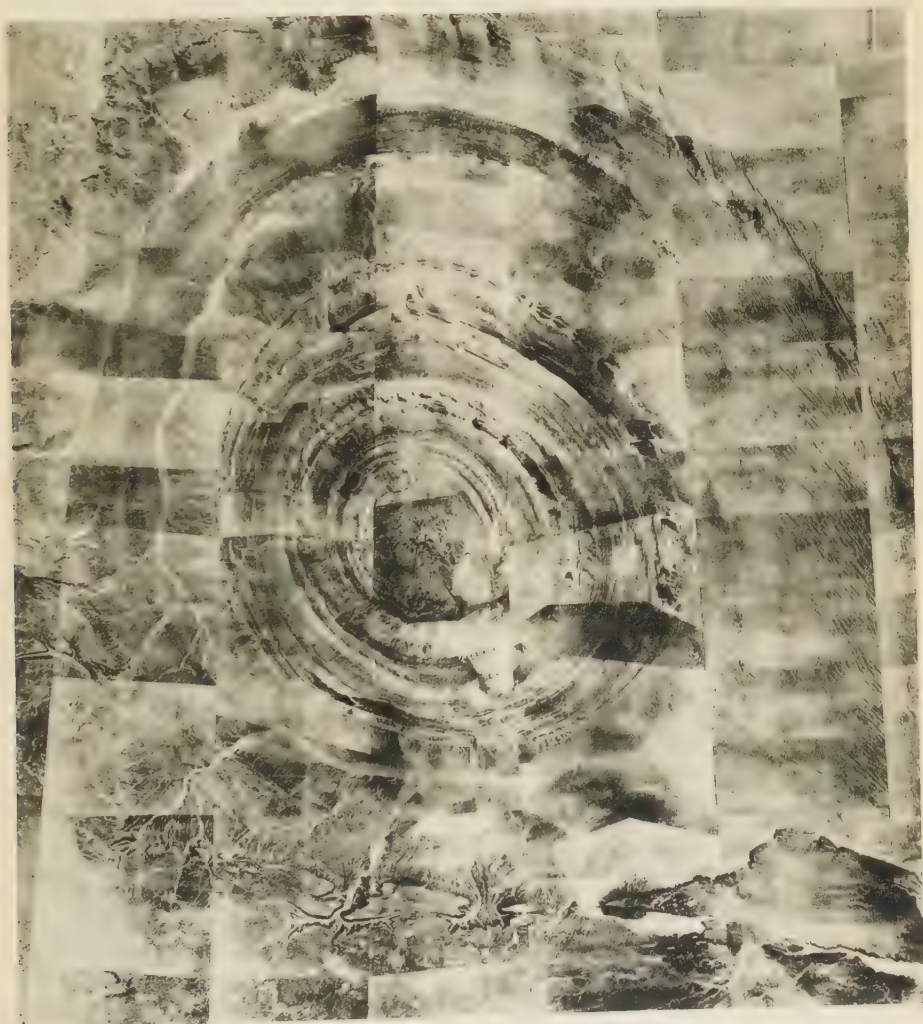
3



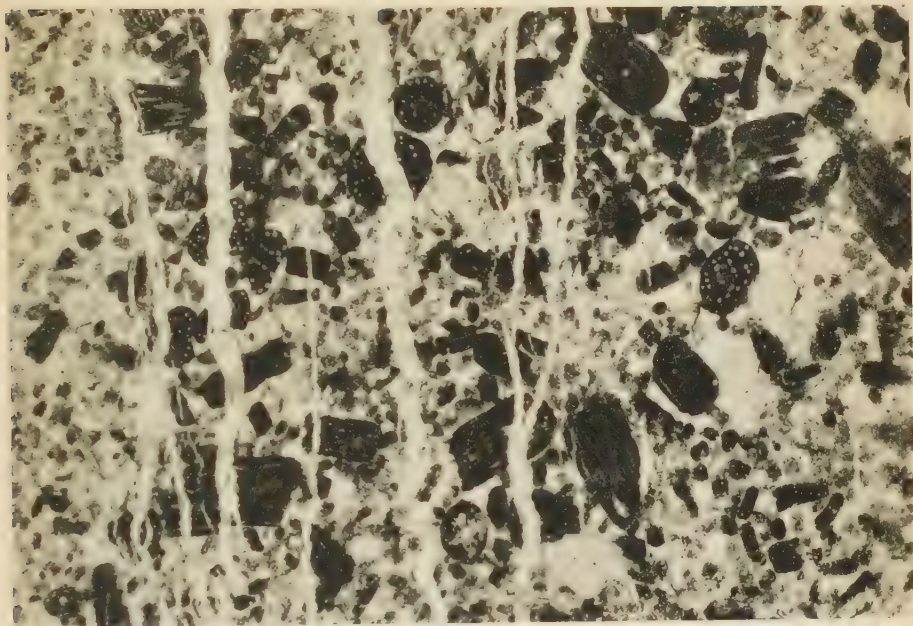
1



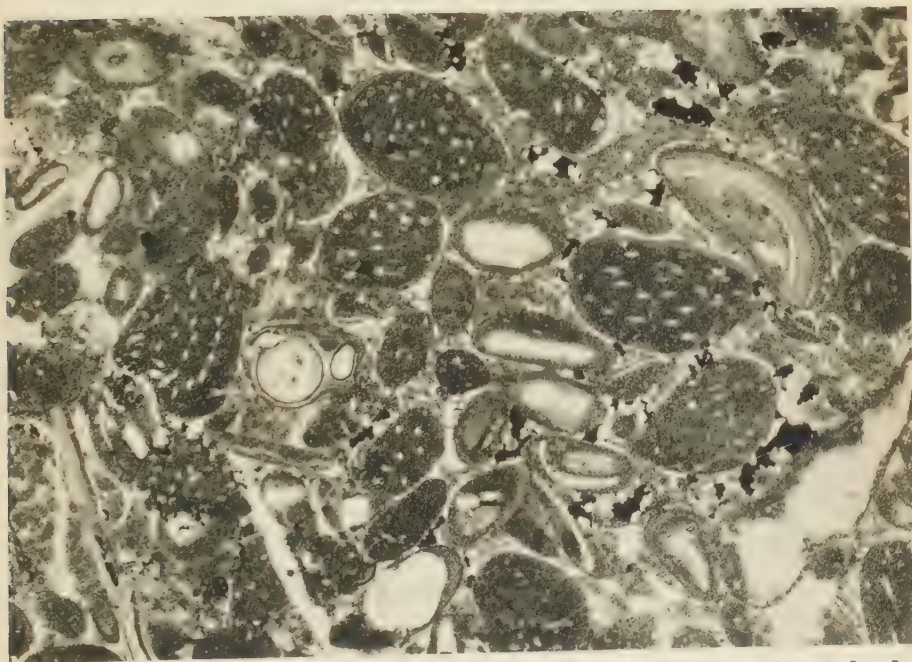
2



3

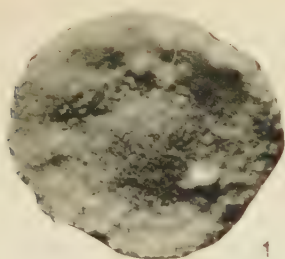


1

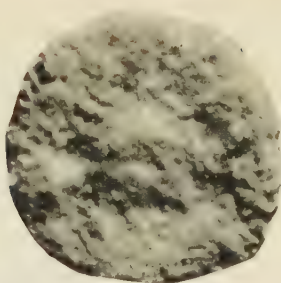


2

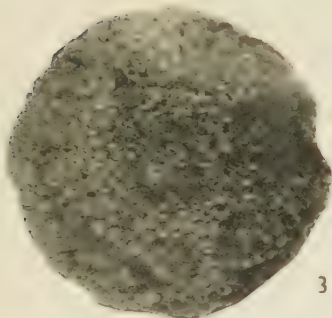




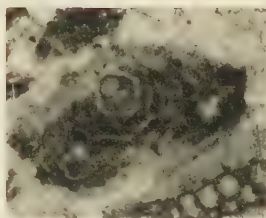
1



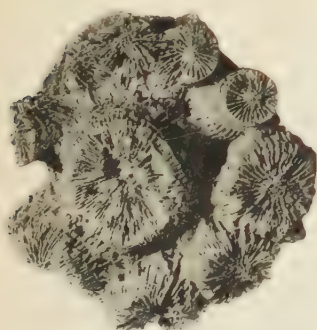
2



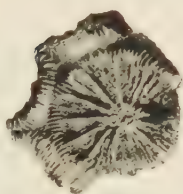
3



4



1



2a



2b



3



4



5a

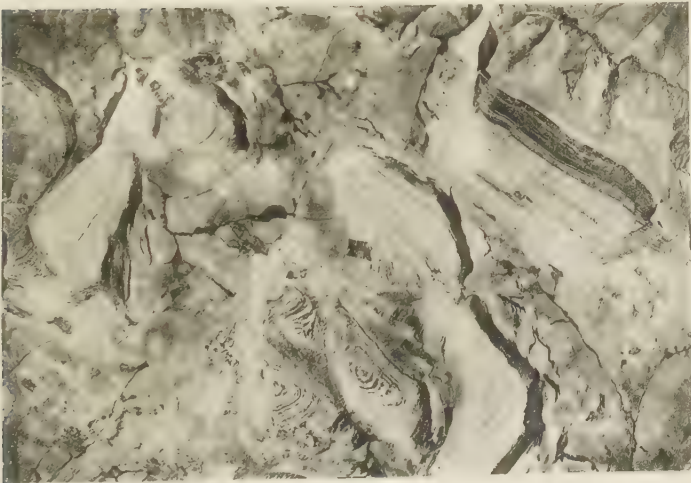


5b



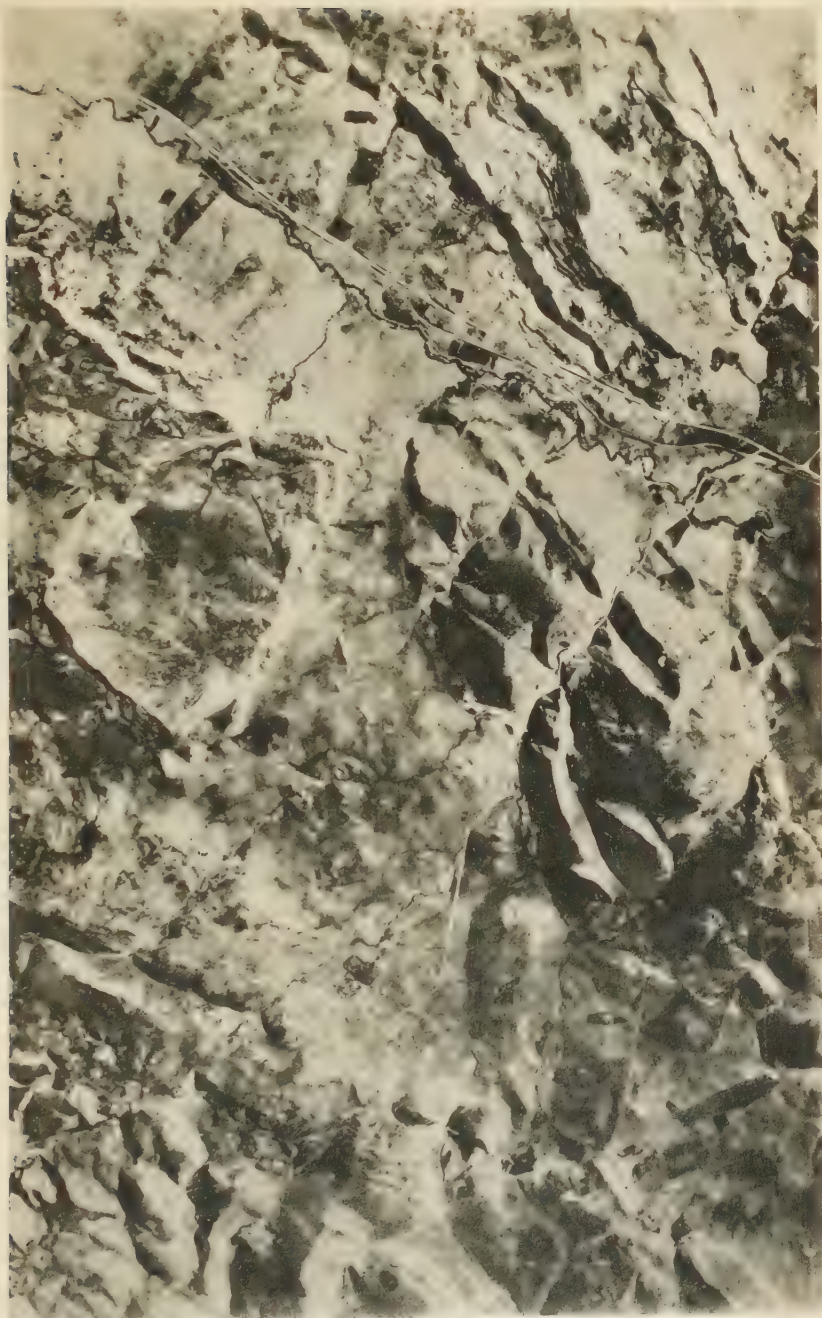
5c





Nord

Nord



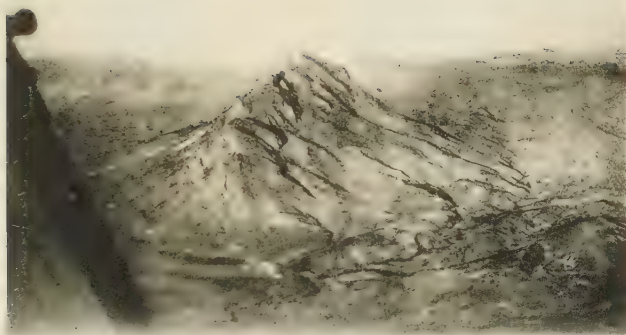
Cl. I.G.N.

J. BRUNISSEN imp. 30 rue Le Brun Paris

Nord



Cl. I.G.N.



1

Cl. Berkaloff



Nord

2

Cl. I.G.N.



LA FLORE DES ARGILES DE COULGENS (CHARENTE)

PAR **Georges Depape,**
Frans Florschütz ET Yves Guillien¹.

Sommaire. — Les argiles lacustres de Coulgens ont fourni des empreintes de *Quercus ilex* et de *Parrotia pristina*; le diagramme pollinique est du type de Reuver (Pliocène supérieur des Pays-Bas).

POSITION DES SABLES ET ARGILES DE COULGENS (Charente)

PAR **Yves Guillien.**

A la hauteur de Coulgens, le lit mineur de la Tardoire est incisé dans une basse terrasse que recouvrent partiellement les crues d'hiver. Des alluvions plus anciennes, plus ou moins ravinées, encadrent ce premier édifice fluvatile. L'ensemble des formations pléistocènes repose tantôt sur la roche en place (Jurassique supérieur), tantôt sur des sables et des argiles interstratifiés ².

Les sables et argiles de Coulgens sont d'ailleurs visibles de part et d'autre de la vallée, au-dessus de l'altitude maxima des dépôts quaternaires. Sur la rive gauche en particulier, ils tapissent l'éperon calcaire qui porte le bourg de Coulgens, ils remplissent les vallons qui encadrent cet éperon. Ils atteignent les surfaces d'érosion qui commandent la vallée.

L'ensemble est bien défini. Du point de vue sédimentologique, il s'agit d'un dépôt lacustre, et l'orientation des pendages atteste la progression du remblaiement vers l'aval. Du point de vue pétrographique, A. Vatan, qui avait bien voulu prélever lui-même les échantillons, a conclu à « l'individualité bien marquée » des sables : « ils se distinguent à la fois des formations éocènes détritiques et du Quaternaire ³. » Quant aux argiles, elles sont caractérisées par de nombreuses tuilières, dont l'exploitation a cessé vers 1880; à

1. Notes présentées à la séance du 5 avril 1954.

2. GUILLIEN Y. et VATAN A. (1917). Le remblaiement pliocène de la Basse-Tardoire. *Rev. scientifique*, n° 3284-3285. — CAILLEUX A. (1949). Sur le Pliocène de la Tardoire (Charente). *C. R. somm. S. G. F.*, p. 349. — GUILLIEN Y. (1954). Grottes, abris et terrasses de la Basse-Tardoire. Communication à la Soc. préhistorique fr., avril 1954.

3. VATAN A. (1948). Rythmes de sédimentation en Aquitaine au Crétacé et au Tertiaire. *Rep. 18th sess. intern. geol. Congr., Gr.-Br.*, part IV, p. 74-81.

29 décembre 1954.

Bull. Soc. Géol. Fr. (6), IV. — 13

en juger par les pièces d'archives comme par l'étude du terrain, aucune d'entre elles n'a été ouverte dans les formations sidérolithiques, dont les faciès sont à tous égards bien différents, et qui d'ailleurs ne sont pas connues à proximité.

Les sables et argiles de Coulgens ont ainsi noyé une topographie qui venait d'être assez vigoureusement rajeunie. Ils ont été éro-

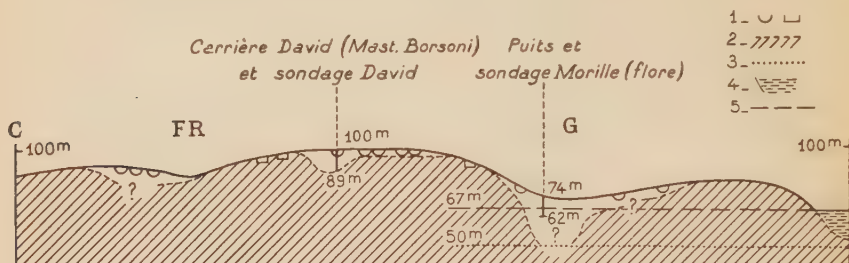


FIG. 1. — Les sondages de Coulgens.

Le plan de la coupe, défini par les deux sondages de septembre 1953, est très oblique par rapport à la direction générale de la Tardoire, mais à peu près perpendiculaire à la direction des thalwegs affluents : C (les Combaroux), FR (les Fosses Rouges), G (La Garenne).

1 : Carrières anciennes de « terre à tuiles » et de pierre à bâtir ; 2 : profil supposé de la topographie prépliocène, là où elle est masquée par le remblaiement pliocène ; 3 : altitude du thalweg rocheux de la Tardoire, atteint sous les alluvions anciennes par les sondages de Rivière et de La Rochefoucauld, à 8 et 11 km en amont de Coulgens ; 4 : basse terrasse de la Tardoire ; 5 : niveau des crues à Coulgens.

dés au Quaternaire, tandis que se produisaient les transports solides et les épisodes karstiques qui marquent la topographie actuelle.

Peut-on préciser leur âge ? D'une part, deux molaires de *Mastodon borsoni*, dont la détermination est authentifiée par M. Boule, ont été découvertes en 1856-1857 dans la tuilière David, à la sortie ouest de Coulgens¹ ; deux sondages, pratiqués en ce point, ont traversé les couches d'argile et de sable qui plongent vers le NW ; le sondage de 1946 a fourni des échantillons où A. Vatan a reconnu l'association pétrographique caractéristique des sables de Coulgens ; le sondage de 1953 atteignit la roche en place à 9,6 m sous la surface du sol actuel. D'autre part, en 1949, à 500 m de la tuilière David, j'ai trouvé des empreintes végétales dans les déblais du puits Morille : M. le chanoine Depape reconnut notamment *Quercus ilex* et *Parrotia pristina* ; la présence de *Parrotia*

1. La localisation donnée par J. Welsch a été rectifiée d'après le témoignage formel de M. l'abbé David, fils de l'inventeur.

pristina ne permet pas d'envisager, pour les horizons inférieurs des argiles de Coulgens, un âge plus ancien que le Burdigalien.

C'est à quelques mètres du puits Morille que fut effectué le sondage de septembre 1953 : il fournit une carotte longue de 12,2 m et dont la base se trouve à 5 m sous le lit majeur de la Tardoire, à 33 m sous le niveau auquel fut trouvé le Mastodonte : c'est de cet échantillon que M. le professeur F. Florschütz a bien voulu préparer un diagramme pollinique ¹.

LES PLANTES FOSSILES DES ARGILES DE COULGENS (CHARENTE)

PAR Georges Depape.

Parmi le premier lot d'empreintes fossiles, examinées en 1950 (lettre du 10 février 1950) : deux me paraissent provenir d'un Chêne qui pourrait être *Quercus ilex* L., le Chêne vert que l'on trouve actuellement dans le Midi et l'W jusqu'en Bretagne. J'en ai des feuilles actuelles qui peuvent se superposer exactement aux fossiles : dimensions, forme, denticulation, nombre et allure des nervures.

« Avec doute, je pense pour une troisième empreinte au genre *Cornus*.

« Une observation au microscope de fragments d'un échantillon fibreux a permis d'y remarquer des éléments à ponctuations aréolées dénotant du bois de Gymnosperme. »

Après examen d'une deuxième série d'empreintes, en mai de la même année, mes conclusions ont été les suivantes (lettre du 15 mai 1950) :

« Je retiens la présence de Monocotylédones herbacées, d'après les fragments foliaires, Graminées, peut-être *Phragmites*.

« Une étude attentive m'a permis de reconnaître la présence d'un genre particulièrement intéressant, le genre *Parrotia*. Ce genre est représenté actuellement par une espèce reléguée en Orient (Perse, S du Caucase) *Parrotia persica* C. A. MEY, fréquemment cultivée. Nous l'avons au jardin botanique de l'Institut catholique de Lille (Jardin Boulay).

« A l'état fossile, ce genre a été rencontré, sous une forme très voisine de l'espèce actuelle, *Parrotia pristina* SAP., à divers niveaux et en divers points de France et d'Europe :

1. Mes remerciements vont à tous ceux qui m'ont aidé sur le terrain ; à M. Morille ; à MM. les abbés Beau et David ; à MM. Facon et Rondeau, à MM. Wit et Wiggers ; à MM. Vatan et Depape ; à M. Florschütz, qui visita le gisement en 1947 et 1951 ; à M. Cholley et à M. Piveteau.

Miocène inférieur (Burdigalien) : Gergovie (Puy-de-Dôme).

Miocène supérieur : Lugarde (Cantal), Mont-Charay près de Privas (Ardèche).

Pliocène inférieur : Niac (Cantal).

Quaternaire inférieur (Sicilien) : Durfort (Gard).

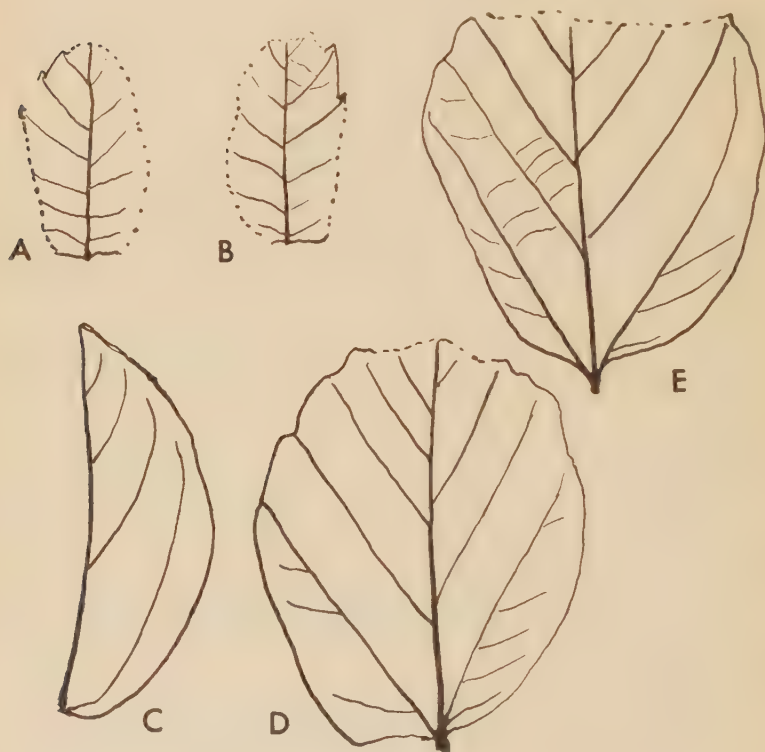


FIG. 2. — Feuilles fossiles des argiles de Coulgens (Charente).

A et B : *Quercus ilex* L.; C : *Cornus* sp.; D et E : *Parrotia pristina* SAP.

A, B, C : G. N.; D, E $\times 5/3,5$.

« La série des feuilles de *Parrotia* trouvées à différents niveaux en France est homogène, de Gergovie à Durfort. Celles de Coulgens s'y insèrent parfaitement. Nous possédons ici de nombreuses feuilles du Mont-Charay où elles sont très communes, et d'autres de Gergovie. La ressemblance est frappante.

« *Parrotia* a été signalé aussi dans le Miocène supérieur de Cerdagne (Espagne); dans le Miocène de Silésie, à Schossnitz.

« *Quercus ilex* et *Parrotia pristina* sont les deux espèces les plus intéressantes — reconnues avec un degré de certitude suffisant — parmi les empreintes que vous m'avez adressées. Ni l'une ni l'autre cependant ne sont absolument « caractéristiques » d'un niveau déterminé. Pour *Parrotia*, cela ressort des indications données ci-dessus. Quant à *Quercus ilex*, très commun dans le Pliocène de la vallée du Rhône, il existe dans le Miocène supérieur des environs de Privas et de Joursac, et même antérieurement dans l'Oligocène du SE de la France et il est encore indigène jusque dans l'W de notre pays. »

Nous pouvons tenir compte des déterminations proposées par G. de Saporta, en 1883, pour les empreintes d'une localité voisine, Péruzet, d'après une lettre publiée par Gustave Chauvet et Jules Welsch en 1916 ¹ :

« *Taxodium distichum miocenicum* HEER assimilé au Cyprès chauve actuel des États-Unis. Cette espèce très répandue se montre en Europe avec le Miocène... et y a persisté jusque vers le Pliocène.

Planera ungeri ERR : espèce également des plus répandues dans tout le Miocène et jusque dans le Pliocène.

Carpinus sp. analogue au Charme actuel d'Amérique.

Quercus sp. section *infectoria*.

Cinnamomum scheuzeri HEER. Enfin une Célastrinée. »

Sur d'autres plaques venant des Charentes, d'origine incertaine, mais identiques à celle de Péruzet, G. de Saporta a reconnu : *Sequoia langsdorfii* BRGT HEER et *Libocedrus salicornioides* HEER.

« La répartition de ces différentes formes est assez étendue à travers le Néogène : plus particulièrement Miocène supérieur et Pliocène (lettre du 15 mai 1950).

« Pour ma part j'ai rencontré *Planera ungeri* ; *Sequoia langsdorfii*, un *Cinnamomum* voisin de *C. scheuzeri*, des Chênes de la section *infectoria*, *Celastrus*, dans le Pliocène inférieur de la vallée du Rhône et ils se trouvent aussi dans le Pontien de la région de Privas.

« *Taxodium*, fréquent au Miocène, a été signalé dans la flore de Reuver. *Libocedrus* se rencontre au Miocène et au Pliocène.

« J'arrive donc à cette conclusion que l'association végétale reconnue dans la région de Coulgens paraît bien n'être, ni quaternaire, ni d'un Pliocène récent. Elle nous rappelle des associations qui se rencontrent au Plaisancien vallée du Rhône, Cantal) ; Reuvérien des Pays-Bas ; au Pontien (Joursac, Privas).

1. Les plantes miocènes de Péruzet, près La Rochefoucauld (Charente). Lettre de G. de Saporta, par CHAUVET G. et WELSCH (J.) 1916. C. R. somm. S. G. F., p. 145-148.

« D'autre part, la présence de *Mastodon borsoni* HAYS à Coulgens et dans le voisinage du gisement de plantes fossiles est en faveur de l'âge pliocène inférieur.

« Nous avons ainsi un ensemble d'indications qui permettent de penser que ces argiles ont été déposées au début du Pliocène. Et Coulgens apparaît comme l'une de ces stations qui permettent de suivre à travers les temps tertiaires néogènes, l'évolution sur notre sol de quelques éléments de l'ancienne flore forestière de la France. »

UN DIAGRAMME POLLINIQUE
D'UNE ARGILE DE COULGENS (CHARENTE)
PAR **Frans Florschütz.**

La détermination des confins du Pliocène et du Pléistocène préoccupe depuis longtemps les géologues et les paléontologues. Pour favoriser la création d'une opinion commune à cet égard, le Conseil du 18^e Congrès géologique international de Londres, tenu en 1948, a proposé de baser cette délimitation sur les modifications de la faune marine et a recommandé de choisir comme base du Pléistocène le Calabrien et son équivalent continental, le Villafranchien.

Un des gisements classiques de la faune villafranchienne est celui de Leffe, au pied des Alpes bergamasques. On y a trouvé entre autres le *Leptobos etruscus*, l'*Archidiskodon meridionalis* et le *Rhinoceros leptorhinus*. Les sédiments de Leffe (lignite, argile, etc.) ont été analysés palynologiquement par Fausta Lona, Professeur de Botanique à l'Université de Parme : les plantes les plus caractéristiques qui aient été trouvées par cette méthode sont les Juglandacées *Carya* et *Pterocarya* et les Conifères *Tsuga* et *Pinus* du type *haploxyylon*; particulièrement intéressants sont quelques grains de pollen de *Fagus* et, déterminés parfois avec incertitude, de *Nyssa*, de *Liquidambar*, de *Sciadopitys*, de *Cryptomeria* et du type *Taxodium*.

Aux Pays-Bas, la flore de Reuver est considérée comme datant du Pliocène supérieur. Dans les couches reuvériennes se trouvent en quantités différentes des grains de pollen de *Fagus*, de *Liquidambar*, de *Nyssa*, de *Sciadopitys*, de *Sequoia* ou *Cryptomeria* et du type *Taxodium*, à côté de ceux de *Carya*, de *Pterocarya*, de *Tsuga* et de *Pinus* du type *Haploxyylon*.

L'argile de Belfeld, séparée de celle de Reuver par un lit de sable d'environ 7 m d'épaisseur, a produit un diagramme pollinique où les éléments vraiment tertiaires comme *Nyssa*, *Sciadopitys* et le

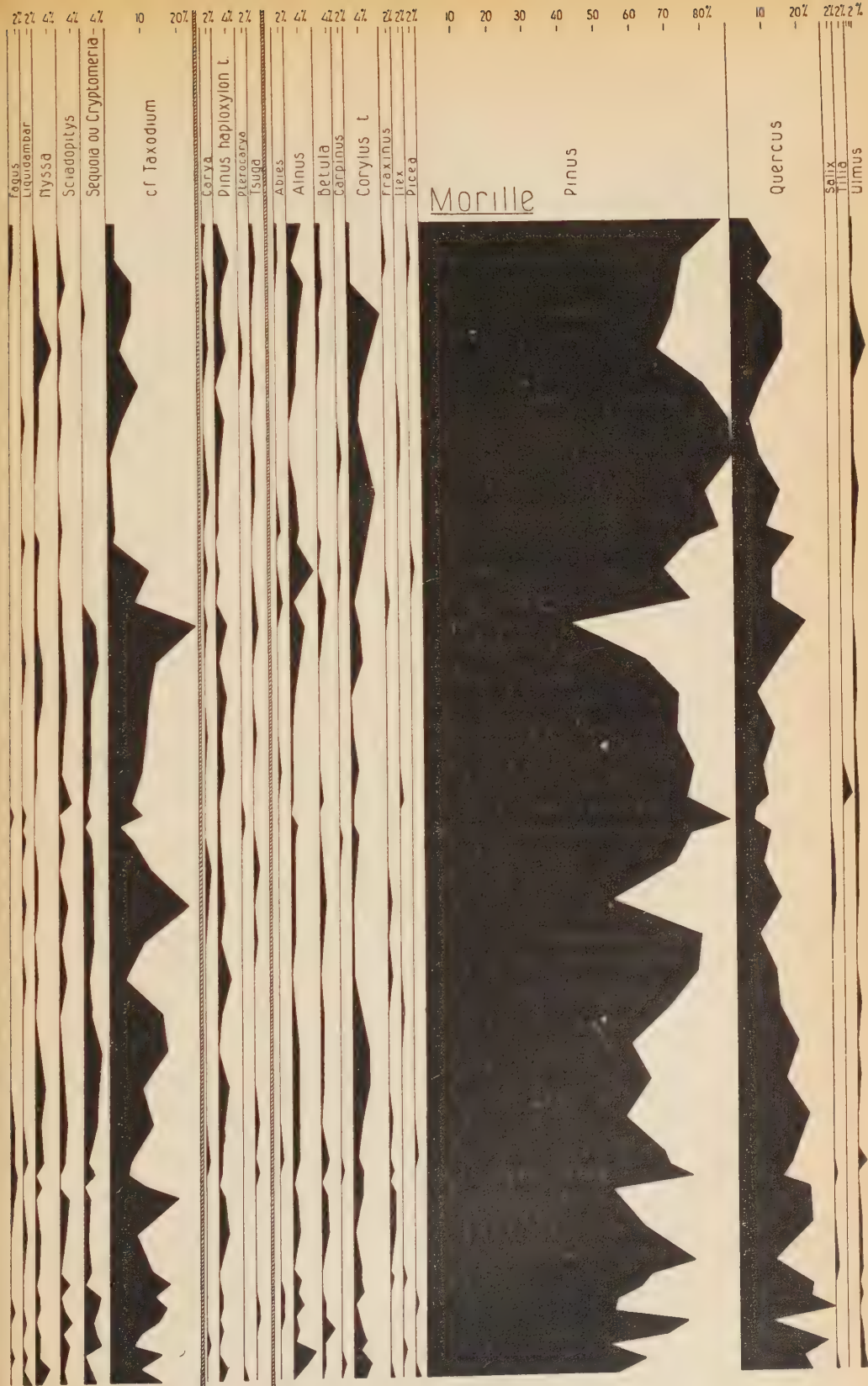


FIG. 3. — Diagramme pollinique de « Morille ».

type *Taxodium* ne se rencontrent que sporadiquement, mais le *Fagus* y est abondant. Nous considérons cette argile comme formant la base du Pléistocène hollandais, nommé Prétiglien.

Dans les diagrammes du Tiglien, obtenus jusqu'ici, les grains de pollen « tertiaires » font défaut complètement, mais *Carya*, *Pterocarya*, *Tsuga* et *Pinus* du type *Haploxyylon* se sont maintenus.

En comparant l'association pollinique des sédiments de Leffe avec les diagrammes du Limbourg hollandais, nous constatons la ressemblance du Leffien avec le Belfeldien ou le Tiglien plutôt qu'avec le Reuvérien. Par conséquent, la composition des forêts villafranchiennes en Italie septentrionale et des forêts prétigliennes ou tigliennes aux Pays-Bas était à peu près identique. Vue la différence de latitude d'environ 6°, il faut cependant se garder de les considérer comme exactement contemporaines.

En France, ce sont principalement les dépôts trouvés en Velay, aux environs du Puy, qui ont procuré la matière d'étude de l'histoire forestière du Pléistocène inférieur. Grâce à la coopération du géologue Pierre Bout, du Puy, j'ai pu analyser quelques couches d'argile et de lignite provenant de cette région. Les diagrammes obtenus sont caractérisés par le groupe de grains de pollen du Prétiglien et du Tiglien hollandais : *Carya*, etc., et par l'absence ou la présence en très bas pourcentages de grains de pollen réellement tertiaires.

Abstraction faite de la différence de latitude entre le Limbourg et le Velay qui est également à peu près de 6°, on se sent incliné à conclure que les couches analysées de la Haute-Loire se sont formées pendant le Prétiglien et le Tiglien.

Les recherches par l'analyse pollinique de sédiments pliocènes en France furent d'abord infructueuses. Cependant, l'analyse de quelques échantillons provenant d'un sondage effectué près de Coulgens en Charente, envoyés par M. Guillien il y a quatre ans, permettait d'espérer que le sous-sol à cet endroit contenait des couches pliocènes.

M. Guillien, l'année dernière, a fait faire deux sondages près de Coulgens, l'un au lieu même où l'on a trouvé jadis des dents de *Mastodon borsoni*, le sondage « David », et l'autre un peu plus loin, le sondage « Morille ».

Malheureusement, le sondage « David » n'a produit que des échantillons d'argiles oxydées et des sables qui contenaient très peu de grains de pollen. C'est le résultat de l'action de l'oxygène : le pollen est généralement très résistant, mais il ne peut endurer l'action prolongée de l'air atmosphérique. Le sondage « Morille », au contraire, a fourni une série complète de merveilleux échantil-

lons d'une couche de plus de 10 m d'une argile foncée qui se prêtaient parfaitement à l'analyse pollinique.

Le diagramme ci-joint rend le résultat provisoire. La distance entre les spectres est encore trop grande; il faut faire des analyses supplémentaires, mais, à mon sens, l'image que le diagramme donne de la composition des forêts pendant la sédimentation de la couche d'argile n'en sera guère changée.

Quelle est cette image ?

On voit premièrement le groupe très net des grains de pollen « tertiaires », caractéristique du Pliocène hollandais : le type *Taxodium*, le *Sequoia* ou *Cryptomeria*, le *Nyssa* et le *Liquidambar*. A côté de ce groupe figure celui qui est commun au Reuvérien et au Tiglien ; ici, il est mal développé. Enfin, il y a des grains « indifférents ».

S'il s'agissait du diagramme d'un gisement hollandais, je n'hésiterais pas à le nommer reuvérien. Je suis convaincu qu'aussi en Charente, ce diagramme-ci représente la pluie pollinique pendant une partie du Pliocène. La désignation de la position exacte doit être différée. A cet égard, il est regrettable que les échantillons du sondage « David » n'aient pas produit la continuation du diagramme de « Morille ». Un nouveau sondage à un endroit plus favorable pourrait fournir de quoi construire un diagramme complémentaire représentant peut-être le Pléistocène inférieur. D'autre part, il serait recommandable de faire une tentative pour prélever des échantillons de la couche d'argile de « Morille » au-dessous de 12 m.

On peut distinguer dans le diagramme de « Morille » deux moitiés : l'inférieure, où les pourcentages du type *Taxodium*, de *Sequoia* ou *Cryptomeria* et de *Sciadopitys* sont plus élevés, et une partie supérieure, où le Pin est plus prononcé. Cela pourrait indiquer une modification légère et probablement défavorable du climat.

OBSERVATIONS.

M. LECOINTRE se demande jusqu'à quel point il est légitime de déduire d'un changement de l'association des grains de pollens une variation de climat. Les forestiers étudient intensément la question de l'usure du sol pour une espèce donnée et l'opportunité de pratiquer une sorte d'assolement entre les espèces. L'observation, depuis les temps historiques, ayant en effet montré que ces successions ont lieu même sans l'intervention de l'homme.

FACIÈS DE MÉTAMORPHISME PROFOND ET DE RÉTROMORPHOSE AU NW DU CAP CORSE

PAR **Jean Laporte** ¹.

Sommaire. — A Ersà et à Centuri, au NW du cap Corse, coexistent cinq types spécifiques de roches, aberrants par rapport aux types formant l'ossature du cap. Ce sont les gneiss de Centuri, les gneiss à biotite du Moulin Mattei, les amphibolites, le « granite » d'Ersà et les épidotites. Ces deux derniers termes sont attribués à une rétromorphose tardive. Une poussée venant du N comme à Macinaggio a disloqué ces terrains.

L'auteur présente deux hypothèses quant à la signification stratigraphique de cette région.

L'ossature du cap Corse, dans sa partie méridionale et centrale est constituée par trois types essentiels de terrains.

a) Des *Schistes lustrés* proprement dits, gris bleuâtre (*lta*), montrant en coupe mince 60 % environ de lits de muscovite qui s'accompagnent de paillettes de séricite et de cristaux anhétraux de pennine. Avec la muscovite, alternent des lits de quartz en microcristaux, pouvant parfois s'élargir en lentilles. On note également d'assez nombreux cristaux de calcite maclée. L'exagération du développement de la calcite donne localement dans ces Schistes lustrés des bancs lenticulaires de *cipolins*.

b) Des *Schistes verts* (*ltb*) dont je ne suis pas encore certain de la position stratigraphique au-dessus des Schistes lustrés. La roche est vert-de-gris, feuilletée finement et microcristalline. On trouve en coupe mince un litage très fin où se reconnaissent de minuscules cristaux de quartz, de plagioclase indéterminé, de pennine, de hornblende, d'actinote et, dans certains faciès, d'augite (Z/C : 45°. Allongement +).

c) Des *Roches vertes*, c'est-à-dire un ensemble de roches volcaniques ou phacolitiques ultrabasiques, où prédominent périclites et serpentines. On les trouve surtout dans les Schistes verts.

Mais dans la région des communes d'Ersà-Centuri, au NW du cap, affleurent des roches plus métamorphisées que Maury en 1909 sur sa feuille de Luri groupa sous le terme de « gneiss amphiboliques ».

J'ai classé dans cette zone 5 types de roches, bien différentes les unes des autres.

1. GNEISS DE CENTURI. — Le gisement le plus typique se trouve au N du petit port de Centuri ; on le suit vers Camera, au S de la

1. Note présentée à la séance du 26 avril 1954.

pointe Torricella et au niveau du km 194-2 de la N 198. C'est un gneiss de teinte très claire, montrant nettement l'alternance de petits lits (un à plusieurs millimètres) de quartz et de feldspath avec des lits verdâtres phylliteux.

Au microscope, la texture apparaît holocristalline, lépidoblastique, à tendance porphyroblastique par la présence de phénoblastes allongés, assez rares, pouvant atteindre 2,5 mm selon leur plus grande dimension. On y reconnaît le quartz pas trop abîmé et le feldspath : anorthose ou parfois microcline. Quartz et feldspath participent également à des lits plus finement grenus alternant avec des lits de muscovite et de séricite, qui semblent avoir été bousculés par la mise en place des lits et nodules quartzo-feldspathiques qu'ils enveloppent.

2. GNEISS A BIOTITE DU MOULIN MATTEI. — Le Moulin Mattei borde la N 198 en son point le plus élevé, approximativement à mi-chemin entre les deux agglomérations de Bastia et Saint-Florent. C'est sur cette hauteur que j'ai reconnu les échantillons les plus frais. Cependant, ces affleurements gneissiques se poursuivent sur la ligne de crêtes NW-SE, qui s'étend de part et d'autre du Moulin Mattei.

En lumière naturelle, la coupe mince montre un fort relief général et une texture lépidoblastique. La biotite est plus fréquente que la muscovite et occupe 30 % environ de la préparation. Son pléochroïsme varie du jaune pâle au brun rouge. Dans la plupart des échantillons, elle montre des teintes plus foncées, qui indiquent un pourcentage de fer élevé, rencontré dans la série annite-sédrophyllite.

La muscovite, incolore, se présente en cristaux tabulaires aux contours souvent irréguliers, sans pléochroïsme.

Par ailleurs, la roche est truffée de grenats arrondis, parcourus de fractures nombreuses, brun-jaune, sans altération. Ils appartiennent par leur manque de biréfringence au groupe pyralspite de Winchell. Les grenats qui possèdent une grande force de cristallisation ont parfois écarté les micas.

La sillimanite existe aussi. On la distingue dans les fibres de muscovite par sa réfringence plus faible et les petites cassures transverses qui l'affectent. Dans le spécimen, l'œil nu la retrouve disposée en trainées gris-bleuâtre caractéristiques.

Le plagioclase, déterminé comme tel par la présence assez rare de macles polysynthétiques, est difficilement reconnaissable avec plus de précision à cause de son altération en saussurite (une zone à biotite demande de l'oligoclase ou de l'andésine).

Le quartz se rencontre en petits cristaux peu fréquents, à extinction rouillante. Enfin, la magnétite est bien représentée, soit en petits prismes, soit en petits cristaux subhédraux, près des micas en général.

3. LE GRANITE D'ERSA. — L'emploi du mot granite est arbitraire, mais c'est lui qui concrétise le plus clairement les résultats de l'étude minéralogique. Il se dispose dans les gneiss à biotite en lentilles développées parfois sur plusieurs mètres. *A priori*, on

est tenté de voir là une injection lit-par-lit car les bandes granitiques sont concordantes avec les gneiss grenatifères.

J'ai rencontré également ce « granite » à Tollare, non plus confiné dans les gneiss à biotite, mais en bandes intercalées dans les Schistes verts *lib.* Même chose sur l'îlot de Centuri.

Le « granite » d'Ersa forme des taches blanches très claires dans le paysage. Il est bien grenu et l'œil reconnaît aisément les cristaux de quartz et de feldspath.

En coupe mince, la roche se confirme holocristalline, moyennement grenue (cristaux anhédraux de 1 à 3 mm) à peu près équigranulaires. Les quartz sont bien développés mais brisés et avec extinction roulante. Le feldspath est de l'albite (an 10) soit en macles polysynthétiques, soit principalement en plages montrant la structure dite de l'échiquier, habitus classique d'une albite de substitution.

Le troisième élément important du granite d'Ersa est la pistacite (ou épidote commune) en agrégats anhédraux assez rares. Le clivage, parfait selon 001, n'est guère visible.

Notons encore quelques petits cristaux de muscovite.

4. LES AMPHIBOLITES. — Des affleurements facilement accessibles bordent la route N 198 entre les km 194-2 et 194-6. A cet endroit, la roche est dure, dense, microgrenue, d'une teinte vert foncé épinard. Une linéation, résultant de la disposition des minéraux, est visible sur une cassure fraîche.

La texture apparaît finement cristalline en coupe mince avec quelques porphyroblastes. Il y a un fort pourcentage de hornblende (85 % environ) montrant souvent ses deux clivages à 120°. Le pléochroïsme varie selon : Z, brunâtre ; X, brun pâle ; Y, jaunâtre à neutre. Allongement +, signe optique —. Extinction maxima Z/C : 20 à 22°. Il existe aussi de nombreux cristaux de sphène, soulignant particulièrement la linéation en lumière naturelle. Dans certains échantillons, il se dispose curieusement en agrégats rappelant des plaques apicales de Cidaridés.

On observe parfois quelques cristaux de diopside (Z/C : 40°).

La linéation nous apporte un renseignement important sur la genèse de ces roches qui sont donc métamorphiques. Souvent, par exemple à l'E du sommet de la chapelle Sainte Catterina ou au SW de la chapelle Saint-Nicolas, on peut constater que les amphibolites sont *enclavées* dans les gneiss à biotite.

Enfin, on remarque sur le terrain que les amphibolites, elles aussi, sont « introduites » par le « granite » d'Ersa. A l'échelle microscopique, on retrouve des filonnets, constitués de quartz en mortier, auquel s'allient de beaux petits cristaux de clinzoïsité et d'épidote, disposés dans sa masse, mais le plus souvent sur les épontes.

5. LES ÉPIDOTITES. — Exactement à l'E de la plage de Tollare (commune d'Ersa), l'épidotite affleure en rochers assez massifs très

clairs sans direction préférentielle. Elle apparaît aussi au lieu dit Piazza, près de l'église d'Ersa, en intercalation dans les gneiss à biotite et avec une texture finement holocristalline, ces deux dispositions faisant tout d'abord penser à une aplite.

En coupe mince, s'observent essentiellement deux minéraux : la clinozoïsite, en cristaux allongés, localement associés à des aggrégats de pistacite et le quartz très morcelé, formant près de 40 % de la roche.

On note encore des cristaux subhédraux de sphène et d'oxydes de fer.

DISCUSSION. — Les termes de gneiss de Centuri et gneiss du Moulin Mattei (ceux-ci associés aux amphibolites) forment les grandes masses de l'aire d'Ersa-Centuri.

L'analogie est frappante entre gneiss de Centuri et Schistes lustrés proprement dits. Je mentionne notamment la même alternance des lits de muscovite et de quartz. Dans ces gneiss, la calcite fait défaut, le quartz s'épanouit en plénoblastes, tandis que se développent des cristaux de feldspath potassique. Ces caractères me poussent à regarder les gneiss de Centuri comme un faciès des Schistes lustrés (pouvant correspondre à un métamorphisme plus intense).

Cependant, les gneiss reposent sur les Schistes verts *ltb* et il serait normal, si l'alternance fréquente *lta-ltb* rapportait à nouveau ici les Schistes lustrés sur les Schistes verts, que nous visions, sinon le passage progressif du genre schiste lustré au genre gneiss, du moins quelques affleurements de ces Schistes lustrés. Mais il n'en est rien ici : les gneiss alternent avec les Schistes verts avant d'affleurer franchement.

Par ailleurs, les gneiss de Centuri pendent sous les gneiss du Moulin Mattei. Si les 2 termes sont directement superposés, il n'existe pas en revanche de rapport possible entre les 2 compositions minéralogiques (du moins sans une énorme lacune tectonique).

Autrement dit, les 2 termes pétrographiques sont bien différents, même si leur degré de métamorphisme semble les placer dans une même unité tectonique.

Des poussées, qui se sont, en gros effectuées à partir du N, de même qu'à Macinaggio ¹, apportent des lambeaux ou des écailles de Schistes verts *ltb* parmi la zone gneissique. J'imagine mal autrement la présence de ces terrains inaltérés dans cette partie plus métamorphique.

Il nous reste le granite d'Ersa et les épidotites. Les deux remarques importantes de l'examen microscopique sont : la pré-

1. LAPORTE J. (1954) : *B. S. G. F.*, (6), IV, p. 81-88.

sence d'albite de substitution et d'autre part d'épidote et/ou de zoïsite. De plus, sur le terrain, on voit ce type granitique présent dans les gneiss à biotite du Moulin Mattei aussi bien que dans les Schistes verts de l'îlot de Centuri.

Ces renseignements induisent une *rétrormorphose* ou *plutôt un deuxième métamorphisme* assez tardif au demeurant pour s'être exercé à travers tous les terrains déjà installés à peu près comme nous les voyons et qui s'accompagne, selon toutes les apparences, d'une métasomatose calcosodique et ferromagnésienne.

L'aspect méga- et microscopique des gneiss à biotite évoque un faciès de terrain ancien, du moins de ce qui serait ancien ici, c'est-à-dire l'Hercynien. Si nous admettons cette ressemblance, les plissements intenses qui se sont exercés vers le SE seraient cause de la réapparition par écaillage d'un « morceau d'ancien » dans du plus récent.

Mais une autre hypothèse vient à l'esprit, assez fragile d'ailleurs dans l'état actuel de nos connaissances. C'est qu'il est frappant de constater la coexistence de gneiss (à grenat, biotite et sillimanite) très intimement associés par de fréquents enclavements à un complexe amphibolique et reposant sur des gneiss potassiques de même que coexistent les Schistes verts à chlorite, très intimement associés à un complexe ultrabasique et phacolitique et reposant sur des Schistes lustrés, dont nous avons vu tous les points communs avec les gneiss potassiques.

J'ajoute que, comme dans les Schistes verts, j'ai trouvé dans les gneiss du Moulin Mattei des bancs très quartzeux, et que Brouwer et Egeler [1952] décrivent près d'Albo des schistes à grenat rouge, mica brun et crossite (cartographiés *ltb* par Maury).

De toute façon, il me paraît important de signaler l'existence de ces types particuliers de terrains, qui, sur le cap Corse, n'ont été rencontrés qu'à Ersa et Centuri.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

- BROUWER H. A. et EGELER C. G. (1948). — Sur les granites alpins de la Corse. *Kon. Ned. Ak. Wissen.*, vol. LI, n° 3.
- (1952). — The glaucophane facies metamorphism in the Schistes lustrés nappe of Corsica. *Ibid.*, vol. XLVIII, n° 3.
- COLLET W. L. (1938). — La Corse, l'Elbe et l'Apennin du point de vue tectonique. *B. S. G. F.*, (5), VIII, p. 737.
- DENIZOT G. (1952). — La structure géologique de la Corse. *Rev. scient.*, 90^e ann., n° 3316, fasc. 2, p. 104-119.

- HOLLANDE D. (1922). — Les Nappes de la région orientale de la Corse. Bastia, Librairie Piaggi.
- MAURY E. (1909). — Feuille de Luri au 80 000^e et légende. Serv. Carte géol. France.
- (1933). — Considérations et observations générales sur la réunion en Corse de la S. G. F. au mois d'août 1933. *B. S. G. F.*, 51, III, p. 799.
- PILGER A. (1939). — Der alpine Deckenbau Korsikas und seine Granit Intrusionen. *Abh. Ges. Wiss. Göttingen*, Math. Phys. Kl., Bd III, p. 19.
-

DESCRIPTION DE QUELQUES ESPÈCES NOUVELLES
DE FORAMINIFÈRES
DANS LE NUMMULITIQUE NORD-MAROCAIN¹

PAR **Marcel Rey**².

PLANCHE XII.

Sommaire. — L'auteur décrit dans cette note, sept espèces ou variétés nouvelles de Foraminifères, provenant du Paléocène de la région d'Ouezzane, et de l'Éocène et Oligocène de Lalla-Mimouna (près de Souk el Arba du Rharrb).

J'ai présenté au XIX^e Congrès géologique international d'Alger une étude sur la « Comparaison des microfaunes du Nummulitique nord-marocain et du Nummulitique du golfe du Mexique et de la mer des Caraïbes ». Cette étude est en cours de publication dans les Comptes rendus du Congrès, section de l'Union paléontologique internationale. Il y est fait mention de quelques espèces et variétés nouvelles qui n'ont pas été décrites dans l'étude présentée à Alger. La présente note a pour objet la description de ces formes qui proviennent soit du Paléocène de la Koudiat bou Khelif (près d'Ouezzane), soit du Lutétien, du Bartonien et de l'Oligocène de Lalla Mimouna (près de Souk el Arba du Rharrb).

Globorotalia velascoensis (CUSHMAN) *var. parva nov. var.*

Pl. XII, fig. 1 a et b (× 60).

Variété différant de l'espèce-type uniquement par le nombre de loges qui est réduit à 3, 4 ou 5 au dernier tour.

Les autres caractères de l'espèce-type restent constants : forme fortement plan convexe, pourtour caréné, ombilic entouré de petites protubérances prolongeant les loges, surface apiculée ; les sutures sont radiales et déprimées sur le côté ventral ; sur le côté dorsal elles sont obliques et recourbées, ornées d'un bourrelet sutural formant carène comme dans les *Globotruncana* unicarénés.

Diamètre : 0,5 mm env.

GISEMENT : Ech. TB 450₁ — X1. Koudiat bou Khelif. Paléocène.

1. Cette note a été réalisée au Laboratoire du Service géologique de la Société chérifienne des Pétroles à Petitjean et publiée avec l'autorisation de cette Société, à qui nous exprimons tous nos remerciements.

2. Note présentée à la séance du 26 avril 1954.

3 janvier 1955.

Bull. Soc. Géol. Fr. (6), IV. — 14

Bolivinoïdes ouezzanensis nov. sp.Pl. XII, fig. 2 ($\times 70$).

Espèce bisériée de forme rhomboïdale, pointue et plate à son extrémité initiale et s'épaississant en allant vers l'ouverture. Sutures en relief, rectilignes à légèrement recourbées, faisant un angle de 45° avec l'axe vertical de la coquille. Il existe parfois des traces d'ornementations supplémentaires (perpendiculaires aux sutures) sur les dernières loges. Ouverture allongée à la base de la dernière loge.

Longueur : 0,5 mm env.

Cette espèce est voisine de *B. velascoensis* (CUSHMAN) et *B. trinitatis* CUSHMAN et JARVIS.

GISEMENT : Ech. TB 450 — X1. Koudiat bou Khelif. Paléocène.

Plectofrondicularia gracilis nov. sp.Pl. XII, fig. 3 ($\times 60$).

Espèce plate, allongée, unisériée dans son stade adulte (qui comporte 6 à 7 loges), finement carénée. Sutures en chevron, fines, obliques par rapport à l'axe de la coquille (45° env.) qui est ornée de plusieurs côtes centrales et longitudinales (3 à 4), légèrement flexueuses. Ouverture terminale elliptique.

Longueur : 1 mm env.

Cette espèce présente quelques affinités avec *P. trilineata* CUSHMAN. Elle en diffère par l'inclinaison de ses sutures, le nombre et la hauteur de ses loges et ses côtes centrales flexueuses et parfois plus nombreuses.

GISEMENT : Ech. TB 1935. Lalla Mimouna. Yprésien (?)—Lutétien inf.

Nodomorphina pulchra nov. sp.Pl. XII, fig. 4 ($\times 60$).

Coquille allongée, droite, unisériée, composée de 7 à 10 loges légèrement renflées, ornée de 6 côtes longitudinales. Les premières loges correspondant au stade « comprimé » ne sont pas visibles. Test laiteux et transparent, analogue à celui des *Amphimorphina* du Lutétien sup. (Ech. R 49). Ouverture terminale ronde à l'extrémité d'un col (cassé sur la photo).

Longueur : 0,5 mm env.

GISEMENT : Ech. TB 1935. Lalla Mimouna. Yprésien (?)—Lutétien inf.

Darbyella mimounaensis nov. sp.Pl. XII, fig. 5 a et b ($\times 32$).

Coquille semblable à celle d'un *Robulus* légèrement trochoïde. Côté ventral légèrement convexe montrant les neuf dernières loges ; côté dorsal plus fortement convexe et montrant $1\frac{1}{4}$ tour de spire. Bouton ombilical transparent très légèrement renflé. Sutures partant presque tangentiellement à l'ombilic,

rectilignes sur le côté ventral, légèrement recourbées sur le côté dorsal. Ouverture en fente verticale à l'extrémité supérieure de la dernière loge.

Diamètre : 1,5 mm env.

GISEMENT : Ech. TB 1955. Lalla Mimouna. Bartonien.

Pleurostomella subglobosa nov. sp.

Pl. XII, fig. 6 a, b et c ($\times 48$).

Coquille subsphérique composée extérieurement de deux loges, une 1^{re} loge de forme légèrement ovoïde, une 2^e loge enveloppant partiellement la première. Le sommet de cette loge est en forme de capuchon, dans le centre duquel se trouve une ouverture arquée avec fente verticale.

Diamètre : 0,8 mm env.

GISEMENT : Ech. R 27. Lalla Mimouna. Oligocène.

Cibicides basraensis nov. sp.

Pl. XII, fig. 7 a, b et c ($\times 48$).

Coquille trochoïde, fortement biconvexe, le côté ventral ou le côté dorsal pouvant indifféremment offrir la plus forte convexité. Côté ventral présentant 8 à 10 loges séparées par des sutures larges et recourbées. Côté dorsal montrant 3 tours de spire avec sutures obliques et recourbées. Périphérie carénée, parfois lobée vers les dernières loges. Ouverture à la base de la dernière loge, allant du milieu de la face ventrale à la périphérie, avec extension du côté dorsal. Test très grossièrement perforé.

Diamètre : 1 à 1,5 mm.

GISEMENT : Ech. R 27. Lalla Mimouna. Oligocène.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XII

FIG. 1 a-b. — *Globorotalia velascoensis* (CUSHMAN) var. *parva* nov. var. $\times 60$.

FIG. 2. — *Bolivinoïdes ouezzanensis* nov. sp. $\times 70$.

FIG. 3. — *Plectofrondicularia gracilis* nov. sp. $\times 60$.

FIG. 4. — *Nodomorphina pulchra* nov. sp. $\times 60$.

FIG. 5 a-b. — *Darbyella mimounaensis* nov. sp. $\times 32$.

FIG. 6 a à c. — *Pleurostomella subglobosa* nov. sp. $\times 48$.

FIG. 7 a à c. — *Cibicides basraensis* nov. sp. $\times 48$.

LE TERTIAIRE DE PORTO-RICO ET LE DÉVELOPPEMENT TERTIAIRE DES GRANDES ANTILLES

PAR **Raoul C. Mitchell** ¹.

Sommaire. — En réponse aux remarques critiques de J. Butterlin, l'auteur souligne ce fait que la littérature à laquelle Butterlin se réfère concerne de simples études de reconnaissance. Les deux ans de travail de terrain de l'auteur à Porto-Rico l'ont conduit à des conceptions différentes de celles présentées dans ces études préliminaires, et de nouvelles découvertes infirment la plupart des arguments de Butterlin.

L'histoire géologique de Porto-Rico apparaît avoir été très semblable à celle des autres Grandes Antilles. Il n'y a que la Jamaïque qui ait eu une histoire à part.

Une publication récente de Butterlin [1953] critique plusieurs vues présentées par l'auteur [Mitchell, 1952 b]. En réponse à ces critiques, il faut d'abord noter que l'auteur a eu l'avantage d'environ deux ans d'expérience de terrain à Porto-Rico, tandis que les opinions de Butterlin ne sont basées que sur ses lectures de la littérature disponible concernant cette île. Ainsi, les réponses qui suivent doivent être considérées comme fondées, non seulement sur une connaissance soigneuse de la littérature, comme celle de Butterlin, mais encore sur le savoir acquis par l'expérience du terrain.

On doit également insister sur le fait que la littérature à laquelle s'est référé l'auteur dans sa publication précédente [Mitchell, 1952 b] et à laquelle Butterlin se réfère aussi, est liée à la nature de simples reconnaissances qui est celle des études l'ayant provoquée. Les reconnaissances de terrain accomplies à Porto-Rico entre les années 1914 et 1931 par huit géologues représentaient les premiers essais pour déchiffrer la géologie de cette île. A l'exception de Meyerhoff, les sept autres géologues n'ont pas passé plus de trois mois et demi à Porto-Rico, travaillant chacun sur des territoires d'environ 1 200 km². Les seules récoltes paléontologiques étudiées et publiées jusqu'ici concernent des matériaux recueillis au cours de ces études préliminaires.

Du fait que lesdites études sont de simples reconnaissances et que les récoltes paléontologiques n'ont jamais été soumises à un

1. Note présentée à la séance du 3 mai 1954.

autre examen plus approfondi, on ne peut accepter les résultats géologiques et paléontologiques de ces premiers auteurs qu'avec la considération convenant, dans tous les cas, à des reconnaissances de caractère préliminaire.

Butterlin critique l'auteur comme « additionnant des espèces » dans l'essai d'établissement des similitudes entre les faunes tertiaires côtières nord et sud. Malgré cela, il cite Hubbard [1923] indiquant que 70 espèces de l'*Aphera* formation dominicaine sont identiques ou semblables à celles trouvées dans le Tertiaire de Porto-Rico. Donne-t-on la permission à Hubbard de faire semblables additions pour la refuser au présent auteur ?

Si l'on pointe soigneusement la liste des 59 Coralliaires indiqués par Coryell et Ohlsen [1929] comme se trouvant dans le Tertiaire de l'île, on trouve trois inexactitudes. 3 Coralliaires sont effectivement mentionnés par ces auteurs comme recueillis dans « la falaise juste au S de la jetée du phare, au port de Guanica ». L'auteur a bien recueilli de telles espèces dans le matériel récent qu'on trouve en cette localité, mais *pas* dans la « Ponce formation », comme le croient Coryell et Ohlsen. De ce fait, l'auteur, dans sa publication précédente, n'a donc mentionné que 24 espèces comme communes aux deux côtes, tandis que Butterlin en met 27.

Se référant à un tableau publié par Coryell et Ohlsen, Butterlin [1953] note que sur les 23 espèces de Coralliaires trouvés à Antigua, 21 se rencontrent dans les formations tertiaires de Porto-Rico. Mais le tableau en question n'indique que 12 espèces communes à Porto-Rico et Antigua.

En ce qui concerne les Foraminifères cités dans la publication de Galloway et Hemmingsway [1941], leur tableau III montre que la « Ponce formation » de la côte sud a plus d'espèces en commun avec les formations de la côte nord qu'aucune de ces dernières n'en possède avec une autre de même nature. On doit ajouter, toutefois, que ces auteurs considèrent les pourcentages concernant la « Ponce formation » comme de peu d'importance.

Butterlin note que la plupart des auteurs ayant étudié la géologie de Porto-Rico ont admis que les formations tertiaires du N et du S présentent des distinctions, plutôt que des similitudes, et il cite ainsi Meyerhoff [1933] à l'appui de cette thèse. Mais des huit premiers auteurs, Meyerhoff, Lobeck [1922] et Hubbard [1923] appuient sur les distinctions, tandis que Berkey [1915] et G. J. Mitchell [1922] semblent au contraire loin d'être hostiles à l'idée d'une coalescence des couches tertiaires par dessus l'île autrefois submergée. Plus loin, Butterlin cite Zapp, Bergquist et Thomas [1948] en faveur de « différences lithologiques et faunis-

tiques » entre les couches tertiaires des deux côtes. En réplique, l'auteur désire appuyer sur le fait qu'à la seule exception de Meyerhoff, tous les auteurs précités n'ont passé que quelques mois à étudier la géologie de Porto-Rico. Mieux, chacun de ces auteurs — de nouveau, à l'exception de Meyerhoff et de Berkey et Lobeck — ont limité leurs études de l'île à leurs territoires de travail respectifs, aucun n'ayant eu l'occasion d'un examen d'ensemble, même rapide, de l'île. Du point de vue de l'auteur, ces constatations rendent caduque la majeure part de l'autorité à laquelle Butterlin attribue tant d'importance. Il n'y a que Meyerhoff qui s'est engagé dans des études suivies de l'île, pendant près de deux ans.

L'auteur désire relever l'allégation de Butterlin que Porto-Rico a sans doute été mieux étudiée que les autres îles des Grandes Antilles. La littérature sur Cuba et la Jamaïque est considérable en comparaison de celle concernant Porto-Rico. Haïti [Woodring, Brown et Burbank, 1924] et la République Dominicaine [Vaughan, Cooke, Woodring..., 1921] ont eu, comme Porto-Rico, leurs services de reconnaissance de terrain, mais les intérêts pétroliers et miniers ont provoqué une attention géologique plus grande pour Hispaniola. On doit toutefois reconnaître que de telles investigations pétrolières et minières n'ont pas réussi à donner une étude générale d'Hispaniola ou à assurer son cartographiage systématique. Le tout dernier travail de Weyl dans la République Dominicaine, bien que n'ayant pas trait à la géologie du Tertiaire, et celui de Butterlin, en Haïti, ont grandement ajouté à nos connaissances sur l'île. Depuis qu'on a commencé, voici presque quarante ans, les études de reconnaissance à Porto-Rico, la seule publication parue sur la géologie de l'île est celle de Zapp et autres auteurs [1948], encore ne concerne-t-elle que les régions tertiaires du N et du S. L'auteur a actuellement sous presse [Mitchell, 1954] un travail intéressant la géologie même de l'île. Le fait que 8 800 km² ont été couverts en deux ans sur le terrain signifie évidemment qu'il n'est pas possible de détailler cette publication à tous égards. Mais contrairement à l'opinion exprimée par Butterlin, l'auteur a l'impression que c'est Porto-Rico qui a reçu le moins d'attention des géologues, parmi les Grandes Antilles.

Comme mentionné plus haut, Berkey et G. J. Mitchell étaient d'avis que les couches tertiaires du N et du S ont autrefois eu une extension bien plus grande vers l'intérieur que leurs contours ne l'indiquent. Aujourd'hui, ces couches sont séparées par quelque 25 km en leur partie la plus étroite. Elles représentent un lambeau marin dont les strates les plus récentes ont eu la plus lointaine

ÉPOQUES		C U B A †		J A M A Ï Q U E
P L I O C È N E	Supérieur	OCCIDENT.		Form. de MANCHIONEAL 30 m
	Moyen	Form. de MATANZAS 30 m		
	Inférieur			
M I O C È N E	Supérieur	Form. de EL ABRA †		Série de AUGUST TOWN 90 m
	Moyen	Sér. de GÜINES	Form. de CANIMAR †	Form. de BOWDEN † 230 m
	Inférieur		Form. de GÜINES †	Form. de BUFF BAY †
O L I G O C È N E	Supérieur	Sér. de GÜINES	Form. de COJIMAR	Calcaires blancs 610 m
	Moyen	Form. de JARUCO		
	Inférieur	Form. de TINGUARO		
É O C È N E	Supérieur	Form. de CONSUELO † 48 m	Form. de GUANTAN-AMO † 1 250 m	Sér. inf. des calcaires blancs 120 m
		Form. de JABACO †	Form. de SAN LUIS †	
	Moyen	Form. de LOMA CANDELA †	Form. de CHARCO REDONDO 150 m	Calcaires jaunes 150 m
	Inférieur	Form. de UNIVERSIDAD 30 m	Form. de COBRE 4 500 m	Schistes charbonneux 270 m
Form. de CAPDEVILA		Gr. de WAG WATER 460 m		
P A L É O C È N E		Form. de MADRUGA † Form. de REMEDIOS †		

TABLEAU I. — Stratigraphie du

† : probablement contemporains ; * : épaisseur minimum ;

1. Jusqu'ici les épaisseurs des formations n'ont pas été clairement définies pour la plus grande partie du Tertiaire cubain.

HAÏTI 2	RÉP. DOMINICAINE	PORTO-RICO
Form. de HINCHE	Form. de LAS MATAS	Form. de SAN JUAN ?
Form. de la RIVIÈRE GAUCHE 500 m		
Form. de MAISSADE	Form. de CERROS DE SAL	Form. de GUANAJIBO
Form. de LAS CAHOBAS 1 800 m	Argiles de MAO Calc. de MAO ADEPTRO Form. de GURABO Form. de CERCADO Congl. de BULLA Form. de BAITOA	
Form. de la RIVIÈRE GRISE 1 000 m	Yaouque Group	Côte du N
Form. de THOMONDE 850 m	Calc. de CLIVICOS 800 m	Calc. d'AYMAMON 335 m
Form. de MADAME JOIE 720 m		Calc. d'AGUADA 75 m
Form. de LA CRÊTE 500 m		Marnes de CIBAO 350 m
Form. du BASSIN 1 000 m	Form. de TABERA 1 500 m	Calc. de LARES 400 m
Form. de ENNERY *	Calc. de SIERRA DE BAHORUCO, SIERRA NIEBA, etc. Δ	Form. de S. SEBASTIAN 300 m
Calc. de PLAISANCE *	Calc. de SIERRA DE BAHORUCO Δ	Form. de CAÑAS ARRIBA 670 m
Form. d'ABUILLOT *		Form. de COAMO SPRINGS 300 m
Form. de MARIGOT 600 m		Form. de RIO JÚEYES 1 070 m

ertiaire des Grandes Antilles.

: épaisseur inconnue, probablement moindre qu'à Haïti.

2. D'après la thèse de J. BUTTERLIN.

extension, bien qu'aujourd'hui, ce soient les couches les plus anciennes qui affleurent sur le bord intérieur. La récente découverte par l'auteur [1952 a] de blocaux tertiaires, haut dans l'intérieur crétacé de l'île, est significatif au point de vue des relations entre les couches tertiaires nord et sud. Ces blocaux appartiennent à la partie supérieure de la formation de San Sebastian (formation basale tertiaire de la côte nord) et se trouvent à une altitude de 628 m, soit 308 m plus haut, et à 16 km plus loin que les plus proches affleurements du San Sebastian. On n'a pas trouvé d'affleurements au point où furent rencontrés les blocaux, et les conditions géologiques incitent à penser que la formation de San Sebastian existe probablement en profondeur. Entre les deux explications possibles pour l'existence de ces blocaux, à savoir s'ils représentent des vestiges d'un dépôt tertiaire effectué par une mer en transgression à l'intérieur d'une baie pénétrant loin dans l'intérieur de l'île, ou s'ils représentent les vestiges d'un dépôt qui a jadis recouvert l'île elle-même, l'auteur préfère de beaucoup la dernière, pour des raisons qu'il n'y a pas lieu de développer ici.

La découverte de ces blocaux, en parallèle avec les trouvailles de Miocène terminal dans des forages de la région de la côte occidentale [Mitchell, 1954], aussi la découverte plus récente de dépôts miocènes analogues en affleurements : tout tend à confirmer l'idée que le Tertiaire moyen (Oligocène moyen-Miocène) s'est déposé sur l'île entière, c'est dire que l'île se trouvait antérieurement submergée et que le dépôt marin s'est effectué dans les conditions néritiques correspondant à l'état de submersion de l'île ancienne à cette époque. A Cuba, à la République Dominicaine et à la Jamaïque, où des montagnes centrales plus anciennes séparent des couches tertiaires nord et sud plus récentes, il n'y a pas de motifs valables pour admettre une distinction lithologique et faunistique entre les éléments tertiaires de part et d'autre ; il en va de même pour Porto-Rico.

Au temps où l'auteur écrivait sa communication précédente [1952 b], les couches éocènes n'avaient pas été définitivement identifiées à Porto-Rico. Cependant, des études de terrain suivies ont montré que l'Éocène est présent. Il consiste en schistes, tufs, conglomérats, agglomérats et calcaires, ces derniers représentant environ la moitié de l'épaisseur totale, qui est d'environ 1 370 m. Le contenu faunistique indique la partie supérieure du terme moyen (?) de l'Éocène, jusqu'à l'Éocène supérieur. Ces couches reposent en discordance sur des schistes, des calcaires et des éléments pyroclastiques attribués au Crétacé supérieur.

En discordance sur l'Éocène, se trouvent environ 670 m de cal-

caires, de schistes siliceux, de cherts, et quelques tufs qui, sur les bases faunistiques, s'identifient à l'Oligocène inférieur. La lithologie et la faune indiquent un dépôt proche d'un delta, avec légère activité volcanique sous-marine. Ces conditions de dépôt étaient absolument différentes de celles, néritiques et dépourvues d'activité volcanique, correspondant à la formation de Juana Diaz de l'Oligocène moyen, déposée en discordance.

C'est la première fois que l'Éocène et l'Oligocène inférieur ont pu être identifiés à Porto-Rico.

Plusieurs espèces de Foraminifères, de Gastropodes, de Céphalopodes et d'Échinides de ces couches éocènes et oligocènes inférieures, sont identiques à des formes européennes. L'auteur trouve étrange que Butterlin puisse critiquer le fait que, dans sa publication précédente [Mitchell, 1952 b], il ait fait des commentaires sur les affinités des fossiles présumés éocènes avec ceux du Bassin de Paris. Butterlin objecte que la grande distance géographique séparant Porto-Rico du Bassin de Paris rend la possibilité d'une telle corrélation « d'un emploi délicat ». En Paléontologie, l'accent doit être mis sur la distance dans le temps, plutôt que dans l'espace. Depuis l'époque de P. T. Cleve, il y a plus de quatre vingt ans, les géologues ont épilogué sur les affinités de beaucoup de faunes des Antilles et de l'Amérique centrale, plus étroites avec des formes européennes qu'avec les formes nord-américaines géographiquement plus proches. Chubb, Trechmann et Woodring pour la Jamaïque, Palmer et Keijzer pour Cuba, Woodring pour Haïti, Sapper pour l'Amérique centrale, pour ne mentionner que quelques-uns, ont tous, à une occasion ou l'autre, attiré l'attention sur ce fait, maintenant bien établi, et que l'auteur a pu contrôler à Porto-Rico.

Butterlin insiste sur le fait que l'histoire géologique de Porto-Rico différerait de celle des autres îles des Grandes Antilles. En admettant l'absence de l'Éocène à Porto-Rico, la thèse de Butterlin aurait quelque fondement, mais son assertion n'est pas justifiée par l'étude de nos connaissances actuelles sur les Grandes Antilles aux temps tertiaires.

Le tableau I présente les formations tertiaires identifiées, avec indication de leurs épaisseurs, sur les îles des Grandes Antilles. L'auteur est redevable à Butterlin de la mise à jour sur Haïti et le remercie d'avoir clarifié, par lettres, divers points concernant la stratigraphie de ce pays. De tous les territoires étudiés, la République Dominicaine est la moins bien connue quant à la géologie du Tertiaire, et, actuellement, on ne peut dire grand chose de l'épaisseur de ses différentes formations. Toutefois, l'avis général

est que l'Éocène de cette République est un peu moins épais que celui de Haïti : il peut représenter 1 500 m environ, en regard des 3 000 m de celui de Haïti. Des estimations réservées sur l'Oligocène et le Miocène de la République Dominicaine les feraient correspondre environ à 1 700 et 1 000 m respectivement.

Dans l'état actuel de nos connaissances, il n'y a que le Pliocène inférieur et moyen dont l'absence de ces îles soit significative ; elles étaient alors émergées, en voie de pénéplainisation, et de légère surrection, avec déversement possible.

Les couches éocènes relativement épaisses de Cuba sont en grande partie formées d'éléments pyroclastiques, qui atteignent une épaisseur maximum de 4 500 m dans la province d'Oriente. À cette époque, une violente action volcanique analogue avait lieu à Porto-Rico, où se formaient environ 1 370 m d'éléments pyroclastiques, entremêlés aux sédiments. Les couches miocènes supérieures identifiées à ce jour à Porto-Rico ne totalisent qu'environ 20 à 25 m d'épaisseur, à comparer aux dépôts beaucoup plus épais d'Hispaniola. L'auteur croit toutefois que la majeure partie du Miocène supérieur de Porto-Rico a disparu par érosion à la suite de pénéplainisations prononcées, au cours du Pliocène récent. Il est tout à fait possible qu'à l'origine le Miocène supérieur de Porto-Rico ait eu une épaisseur comparable à celui d'Hispaniola.

Le tableau II présente, sous une forme simplifiée et symbolique, les événements majeurs de l'histoire géologique des diverses îles. Il convient de souligner qu'on n'a fait état que des événements majeurs, les accidents secondaires ou locaux n'étant pas marqués — le but du tableau étant plutôt une corrélation générale que de détail.

Sauf à la Jamaïque, l'activité volcanique avait cessé après l'Oligocène inférieur. En parallèle avec le diastrophisme du Miocène moyen qui a soulevé la Jamaïque et lui a donné sa direction E-W actuelle, se sont produites des intrusions magmatiques tendant à accentuer le bombement de l'île. En concomitance avec ce diastrophisme, des failles d'effondrement sur les régions marginales ont préparé la voie au dépôt transgressif de l'époque de Bowden. Tandis qu'un diastrophisme d'intensité peut-être égale avait lieu à Hispaniola et à Porto-Rico au Miocène, on ne trouve pas alors trace certaine d'intrusions ou d'extrusions.

La Jamaïque est la seule île des Grandes Antilles ayant eu une individualité remarquable au cours de son histoire tertiaire. Il est tout à fait vraisemblable que dans cette île seule peut être découvert quelque chose comme l'histoire complète du développement du Tertiaire régional. L'activité volcanique au Miocène moyen

et les transgressions marines néritiques au Pliocène sont des caractéristiques uniques pour les Grandes Antilles.

EPOQUES		CUBA	JAMAÏQUE	HAÏTI	RÉP. DOM.	PORTO-RICO
PLIOCÈNE	Sup.	OO ΛΛ	OO ΛΛ	OO ΛΛ	ΛΛ	OO ΛΛ
	Moy.	ΛΛ	VV ΛΛ 1	ΛΛ	ΛΛ	ΛΛ
	Inf.	ΛΛ	VV ΛΛ 1	ΛΛ	ΛΛ OO	OO ΛΛ
MIOCÈNE	Sup.	ΛΛ	VV ΛΛ 1	OO ΛΛ	ΛΛ	VV (en partie)
	Moy.	ΛΛ VV	XX OO	ΛΛ	OO	OO ΛΛ
	Inf.	VV OO	VV	ΛΛ	VV	VV
OLIGOCÈNE	Sup.	VV	VV	OO ΛΛ	OO VV (en part.)	VV
	Moy.	OO	VV	VV	VV ΛΛ	VV
	Inf.	OO	OO : VV	XX VV	XX OO	XX OO
ÉOCÈNE	Sup.	OO VV	VV	VV ΛΛ OO (en part.)	VV	XX OO VV
	Moy.	XX OO	ΛΛ	XX ΛΛ	VV	XX VV
	Inf.	VV	XX VV OO	ΛΛ	OO	XX OO

TABLEAU II. — Histoire tectonique des Grandes Antilles.

XX : activité éruptive ; OO : diastrophisme ; OO : soulèvements modérés et (ou) mouvements de bascule ; ΛΛ : émerision ou régression marine ; VV : submersion ou transgression marine ; 1 : la submersion est moindre que l'émerision.

A travers toutes les Grandes Antilles, le diastrophisme le plus intense correspond au Paléogène (sauf à la Jamaïque) et c'est

l'émersion des îles (bien qu'on trouve à la Jamaïque de significatives petites transgressions), d'une érosion étendue, du développement de pénéplaines, associés à de légers soulèvements avec recouvrements possibles.

Si nous pensons pouvoir considérer les Grandes Antilles actuelles comme correspondant à une entité géologique — l'anticlinorium antillais de Schuchert [1935] — la question de savoir comment et quand cette unité tectonique s'est morcelée doit intéresser toute étude du développement géologique des îles. Les faits patents suggèrent la succession d'épisodes suivante, dans le morcellement de la grande masse tectonique :

La Jamaïque et les Caymans :	début du Pliocène,
Cuba :	Pliocène inférieur,
Hispaniola :	milieu (?) du Pliocène,
Porto-Rico-Iles Vierges :	fin du Pliocène,
Sainte-Croix :	Pléistocène-Holocène.

Nous ne pouvons ici discuter de la question de savoir si ce morcellement est dû ou non à une dérive. Corral [1939] a présenté une hypothèse captivante sur l'origine des Grandes Antilles, où il présume que la vieille masse antillaise était autrefois adjacente à la Colombie et au Venezuela. Cette masse antillaise s'est détachée de l'Amérique du Sud au Miocène supérieur et a commencé à dériver vers le NW. Pendant sa dérive, divers morceaux s'en sont détachés et, en premier lieu, la Jamaïque. L'auteur n'est pas d'accord avec toutes les idées de Corral, mais certaines de celles-ci sont confirmées par une étude personnelle de ces intéressantes îles.

BIBLIOGRAPHIE

- BERKEY C. P. (1915). — Geological Reconnaissance of Porto Rico. *N. Y. Ac. Sc., Annals*, vol. 26, p. 1-70.
- BUTTERLIN J. (1953). — Les formations tertiaires de Porto Rico et la structure des Antilles. *B. S. G. F.*, (6), III, p. 241-245.
- CORRAL J. I. (1939). — La Union de Cuba con el continente Americano. *Rev. Soc. cubana Ingen.*, vol. 33, p. 679.
- CORYELL H. N. et OHLSEN V. (1929). — Fossil Corals of Porto Rico. *N. Y. Ac. Sc., Scient. Surv. Porto Rico*, vol. 3, pt. 3, p. 167-236.
- GALLOWAY J. J. et HEMINWAY C. E. (1941). — Tertiary Foraminifera of Porto Rico. *Ibid.*, vol. 3, pt. 4, p. 275-491.
- HUBBARD B. (1923). — The Geology of the Lares District, Porto Rico. *Ibid.*, vol. 2. pt. 1, p. 1-115.

- LOBECK A. K. (1922). — Physiography of Porto Rico. *Ibid.*, vol. 1, pt. 4, p. 301-384.
- MEYERHOFF H. A. (1933). — Geology of Puerto Rico. Univ. Puerto Rico Press, 306 p.
- MITCHELL G. J. (1922). — Geology of the Ponce District. *N. Y. Ac. Sc., Scient. Surv. Porto Rico*, vol. 1, pt. 3, p. 229-300.
- MITCHELL R. C. (1952 a). — Tertiary Boulders in the Cretaceous of Puerto Rico. *Science*, vol. 116, n° 3016, p. 418-420.
- (1952 b). — Nouvelles observations à propos de la position structurale de l'arc des Petites Antilles. *B. S. G. F.*, (6), II, p. 71-75.
- (1954). — A Survey of the Geology of Puerto Rico (sous presse).
- SCHUCHERT C. (1935). — Historical Geology of the Antillean-Caribbean Region. New York, J. Wiley Sons, 811 p.
- VAUGHAN T. W., COOKE C. W., WOODRING W. P. et autres (1921). — Geological Reconnaissance of the Dominican Republic. *Geol. Surv. Dom. Rep., Mem.*, vol. 1, 268 p.
- WOODRING W. P., BROWN J. S. et BURBANK W. S. (1924). — Geology of the Republic of Haiti. Port-au-Prince, Dept. Public Works, 631 p.
- ZAPP A. D., BERGQUIST H. R. et THOMAS C. R. (1948). — Tertiary Geology of the Coastal Plains of Puerto Rico. *U. S. Geol. Surv., Oil a. Gas Invest. Prelim. Map*, n° 85.
-

ASPECTS DE LA MORPHOLOGIE CRYONIVALE DANS LE MIDI DE LA FRANCE

PAR **André Rondeau** ¹.

PLANCHE XIII.

Sommaire. — L'assimilation des grands glacis de piedmont aux formes cryonivales typiques (niches de nivation, abris sous roche, grèzes litées, sols géométriques) montre que la période froide et sèche a été très efficace en Provence et dans le Narbonnais alors qu'elle n'a eu que des effets très modérés entre l'Orb et le Vidourle (rôle des couloirs balayés par le vent du Nord). Tous ces phénomènes sont postérieurs à la Crau quaternaire (poudingue de la Grande Crau) et au glacier würmien de l'Ariège, certains pouvant être considérés comme subactuels.

Le nombre des indices d'une période froide et sèche dans le Midi de la France s'accroît de jour en jour. Au loess découvert par Marcelin dès 1926 se sont ajoutés depuis des galets éolisés en Crau et en Costière (Thoral, Marcelin, Tricart et nous-mêmes), dans la région sétoise [Ellenberger, 1952] et en Provence [Bonifay, 1952]; un sol contourné au Pont du Gard (Marcelin), un sol géométrique à Nîmes [Guillien, 1952] et, sans doute, faut-il expliquer par la cryonivation de curieux plissements superficiels affectant les bancs supérieurs du Jurassique au pied de la Gardiole (Pl. XIII, fig. 1).

Ce sont pourtant les abris sous roche du Gard, les niches de nivation des montagnes calcaires de la basse Provence (Pl. XIII, fig. 2), la gélivation des quartzites jusqu'à 1 m de profondeur [Marcelin, 1947, Tricart, 1952, Rondeau, 1952] et surtout les immenses glacis de piedmont — le « gress » — ceinturant les Alpilles, la garrigue de Nîmes, la chaîne des Côtes, la Trévaresse, etc... (Pl. XIII, fig. 2) qui constituent les indices les plus spectaculaires. De telles accumulations ont été signalées depuis dans toute la Provence intérieure [Bonifay, 1952], nous en avons vu autour de Cassis, de l'Étang de Berre, et plus à l'E, en montagne, entre la Tinée et la Vesubie, colmatant la vallée de Saint-Dalmas-de-Valdeblorre. Par contre, ces glacis sont pratiquement inexistants entre le Vidourle et l'Orb, à l'exception d'une très belle grèze litée de cal-

1. Note présentée à la séance du 10 mai 1954.

30 décembre 1954.

Bull. Soc. Géol. Fr. (6), IV. — 15

caires lutétiens à Grabels. Il faut aller dans le Narbonnais, dans les Corbières et les Pyrénées pour trouver des phénomènes d'une ampleur comparable. Est-ce une question de matériel ? Les calcaires compacts du Jurassique languedocien sont bien moins gélifs que les calcaires marneux du Crétacé inférieur de Provence, ce qui ne les empêche pas d'avoir magnifiquement réagi aux cycles gel-dégel dans le Narbonnais. Faut-il incriminer alors une influence climatique ? Probablement, car il semble que la topographie cryonivale soit surtout localisée dans les zones fortement soumises aux vents du Nord (mistral, tramontane, cers), pas nécessairement plus enneigées, mais plus froides et plus éolisées. On devrait s'attendre alors à trouver une dissymétrie typique liée à l'accumulation de la neige sur les versants sous le vent, de SW à SE suivant les lieux : nous ne l'avons pas remarqué, à l'exception des marges montagneuses : au pied du Caroux et de l'Espinouse, sur le versant sud, en relation avec la présence d'un grand plateau neigeux et éventé, dans les Pyrénées ariégeoises et dans les Alpes maritimes. Il est remarquable de constater alors l'inversion de la dissymétrie aux deux extrémités du domaine méditerranéen en fonction de l'origine différente des vents de neige : W et NW dans les Pyrénées, E et SE dans les Alpes-Maritimes. Les niches de nivation et les cirques sont localisés de préférence sur les faces sud-est et est dans le massif du Saint-Barthélémy et sur les faces ouest des Préalpes de Nice (Baus de la Frema). Entre ces limites, accumulation par vent du Nord et ensoleillement plus grand devaient combiner leurs effets pour supprimer la dissymétrie généralisée. Il ne faudrait donc pas conclure devant cette carence à un rôle secondaire de la neige : la topographie « alpine » est là pour le montrer.

Il faut bien admettre cependant qu'on peut hésiter à intégrer dans un même cycle climatique, les formes géométriques, les formes en creux typiques, les grèzes litées d'une part et les grands glacis de piedmont d'autre part : il y a une différence d'échelle.

Certes, ces glacis sont composés d'éclats anguleux, calibrés et lités, séparés par des lits de sables, de limons et de loess, tandis que les éléments roulés sont rares ; ils sont d'ailleurs allogènes et proviennent de hauts niveaux de remblaiement miocènes, pliocènes et villafranchiens presque entièrement détruits. Ils sont cependant précieux, car ce sont eux qui permettent d'attribuer à la gélivation la production de l'ensemble des débris. On peut admettre en effet que les éclats calcaires soient le résultat convergent de déformations mécaniques diverses (efforts tectoniques, croissance des racines, gonflement colloïdal des argiles interstitielles) et ce n'est pas la présence de cupules de gel qui en précisera

l'origine, le gel actuel en produisant chaque hiver. Par contre, quand on voit alterner dans les carrières de Lamanon des lits d'éclats calcaires et des lits de « menus galets » roulés et éclatés, on ne peut que penser au gel : aucun processus d'éclatement ne peut se concevoir ici à notre connaissance.

On peut donc légitimement attribuer au gel la formation de l'ensemble de ces matériaux. Sont-ils le résultat d'un seul et même cycle climatique ? Des remaniements ultérieurs sont évidents, puisque les puits au N de Saint-Rémy sont creusés alternativement dans des lits de « gress » et de limons de débordement de la Durance, et que les torrents actuels étalent à chaque pluie une faible quantité de débris. Inversement, on voit à Cadarache, dans des alluvions anciennes de la Durance, au pied de la garrigue de Nîmes entre Saint-Cézaire et Remoulins ou à Grans à la base du poudingue de la Grande Crau, des blocs mal calibrés et non roulés, empâtés dans des limons rouges ou orangés, descendus des talus voisins, que l'on peut considérer comme d'anciennes coulées de « Head » Marcelin, à moins qu'il ne s'agisse simplement de restes de cônes de déjection respectés par l'alluvionnement villafranchien, sans valeur climatique. De toutes manières, ces dépôts sont tellement discontinus, tellement localisés et inexpressifs qu'il est bien difficile de se prononcer. On peut noter aussi que les quartzites sont gelés plus profondément *in situ* que les alluvions quaternaires de la Crau et que la basse terrasse de la Durance (1 m contre 20 à 30 cm : mais aucune forme en creux ou aucune forme géométrique ne peuvent y être associées.

Par conséquent, en dehors de ces témoins douteux et de possibilités certaines de remaniements postérieurs, tous les glacis de piedmont appartiennent à une seule et même période. Les faciès peuvent être différents en fonction du matériau — nous l'avons déjà dit en 1952 — l'encroûtement (« sistre ») est plus ou moins net, le litage est plus ou moins parfait et le pendage peut varier de 30 à 1°. On passe insensiblement de la coulée de solifluction et de la véritable grèze de type charentais aux glacis d'épandage de piedmont et aux véritables cônes de déjection. Tout dépend de la hauteur du talus et du plus ou moins grand cheminement des débris.

On peut distinguer les faciès suivants :

1) Les *éboulis* ordonnés signalés par Tricart à Crussol, notamment (1950 ?), dont la pente atteint 30°, sont situés au bas de versants élevés de l'ordre d'une centaine de mètres, ou même de véritables corniches ; ils sont surtout abondants dans les mon-

tagnes calcaires et schisteuses, des Alpes-Maritimes et de l'Ariège, jusqu'à 1 800 m, et ils se forment actuellement sensiblement plus haut, notamment dans les Picos de Europa vers 2 000-2 200 m. On peut donc saisir le mécanisme de leur genèse : les éclats arrachés aux parois par le gel s'accumulent au pied de celles-ci et forment des talus dont la pente limite, compte tenu du calibre du matériau, oscille autour de 20-30° : pente d'équilibre des talus d'accumulation.

2) Les *grèzes litées* et les *coulées de solifluction* sont plaquées sur les versants de faible hauteur (une dizaine de mètres). Bien qu'elles ne soient pas associées à des niches de nivation typiques, on sait maintenant que les eaux de fonte de neige ont joué le principal rôle dans leur écoulement [Guillien, 1951].

3) Les *glacis de piedmont* constituent la formation la plus importante et la plus originale. Ils diffèrent des grèzes classiques par la présence de lits de sables ou de limons intercalés dans les lits d'éboulis de versants et dont l'origine doit être recherchée dans les roches détritiques plus anciennes (mollasses, argiles plaisanciennes, sables astiens) qui ont fourni au vent un matériau facilement mobilisable, d'où leur localisation dans le bas Rhône et le Narbonnais. Ce sont des formations de ruissellement provenant tantôt de niches de nivation, tantôt de simples bassins de réception torrentiels. Le léger émoussé des débris, après un parcours de quelques kilomètres au maximum, la pente qui peut tomber à 1°, et surtout la stratification entrecroisée des sables, le montre suffisamment. On ne voit plus dès lors très bien le rôle de la nivation : les eaux de fonte n'ayant pas d'effets très différents des eaux de pluie ordinaires. On se trouve à la limite des phénomènes du froid.

4) Les véritables *cônes de déjection*, dans lesquels le litage et le calibrage disparaissent, n'ont pas, par eux-mêmes, de valeur climatique. C'est par leur association avec les formations précédentes, qu'il faut les ranger dans la même catégorie, en plaine comme en montagne.

Tous ces débris ont eu des fortunes diverses : les uns sont restés collés aux versants, d'autres ont remblayé des vallons intérieurs (route d'Eyguières à Saint-Rémy). La plupart sont venus s'étaler sur les formations alluviales anciennes qu'ils ont plus ou moins respectées : simple placage, comme au pied de la garrigue nîmoise, ravinement modéré comme au pied des Alpilles, substitution de matériaux avec respect de la forme topographique masquant la discontinuité de l'ancien remblaiement alluvial (Alleins), enfin destruction presque complète de la terrasse comme à Meyrargues,

où le torrent du Grand Vallon a construit un cône de déjection à éléments gélivés en dessous de la basse terrasse de la Durance.

Tout dépend à la fois de la puissance du ruissellement — donc, toutes choses égales d'ailleurs, du relief préexistant — et de la capacité d'exportation des grands cours d'eau allogènes. La Durance a ainsi balayé presque tout le versant sud du Lubéron, les gorges de Mirabeau, alors que les glacis posés sur la Crau et la Costière sont pratiquement intacts.

Ceci permet de comprendre comment on peut trouver du loess au niveau de la vallée actuelle de la Durance et au-dessous de la basse terrasse sans être obligé de considérer cette terrasse comme rissienne (voir à ce sujet les critiques faites par M. Bourdier à notre communication de 1952) : ce loess contenu dans le cône de déjection a été remanié et sa position actuelle ne peut servir à dater la basse terrasse. Tout ce qu'on peut dire c'est qu'il lui est postérieur, sinon l'alluvionnement l'aurait fait disparaître.

Comme nous maintenons ce que nous avons dit il y a deux ans : à savoir que toutes ces formations sont postérieures au poudingue de la Grande Crau, il s'agit de savoir si ce poudingue est contemporain de la glaciation würmienne comme le pensaient Collot, Denizot et Baulig ou s'il est rissien comme le suggèrent Bourdier et Tricart [1952].

Sans vouloir nous prononcer sur une question aussi délicate, nous pouvons remarquer que la continuité du matériel würmien, si différent par la nature des éléments et surtout par la couleur des alluvions plus anciennes de la haute terrasse, est assurée par des lambeaux plaqués de part et d'autre de la Durance, en aval de Manosque :

a) au lieu-dit « La Repentance », où le sommet visible du remblaiement quaternaire (?) discordant ici sur le poudingue miocène m4b se trouve à 31 m au-dessus du niveau moyen de la Durance ;

b) à Sainte-Croix, le remblaiement monte à 35 m ;

c) à l'embranchement de la RN 96 et de la route de Ginasservis, on le voit à 24 m ;

d) au Logis d'Anne, un petit lambeau monte à 15 m ; il est d'ailleurs presque entièrement détruit et pour ainsi dire miraculeux ;

e) à la Roque d'Anthéron, on le retrouve à 35 m ;

f) enfin à Alleins à 32 m.

De là, la continuité est parfaite jusqu'à la Crau et l'accentuation de la pente en aval immédiat de Lamanon ne change rien à l'affaire (une déformation tectonique me semble probable). Il ne nous paraît pas possible pour le moment de séparer dans le temps l'en-

semble de ces restes : même matériau, même coloration blanche ; ou tout est rissien ou tout est würmien. S'il existe une « confluence » des terrasses (au sens topographique) en aval de Manosque cela peut être dû à la confluence (hydrologiquement parlant) du Verdon et de la Durance qui a provoqué un déplacement important des deux rivières et un déblaiement des alluvions anciennes.

D'ailleurs, le problème de la datation des phénomènes cryonivaux est maintenant dépassé. En effet, nous avons trouvé une série de formes analogues typiques (niches de nivation, grèzes litées ou éboulis ordonnés, d'ailleurs signalés par M. Taillefer dans une note à la Société d'Histoire naturelle de Toulouse, dont nous n'avons malheureusement pu prendre connaissance) dans la vallée de l'Ariège entre Luzenac au S et Tarascon au N ainsi qu'au pied du Roc de Sédour. Ces formations ne peuvent être que post-würmiennes, car le glacier würmien qui s'est étendu jusqu'au delà de Tarascon n'aurait pas laissé subsister des dépôts aussi fragiles sur les flancs de son auge et on ne peut les considérer comme des moraines latérales (Pl. XIII, fig. 3).

Il n'y a, dans l'état actuel de nos connaissances, aucune raison pour donner un âge différent aux grèzes ariégeoises et à l'ensemble des phénomènes cryonivaux du Narbonnais et de la Provence.

Le caractère récent de ces manifestations du gel et de la neige dans le Midi de la France peut paraître évidemment surprenant. Des circonstances locales éminemment favorables (calcaires particulièrement gélifs, rôle des vents du Nord, sécheresse persistante) ont permis à la fois le développement d'une morphologie subalpine sous une latitude très méridionale, et sa remarquable conservation. Il est possible d'ailleurs, comme l'ont suggéré M. Tricart [1952] et M^{lle} Alimen [1953] qu'il ne s'agisse là que des dernières manifestations d'un climat froid : existence de lambeaux de grèzes dans les moraines würmiennes de la Bigorre, apparition de la faune froide dès le Moustérien. Il resterait alors à expliquer la disparition de tout témoin morphologique.

Suggérons pour conclure l'existence d'un climat froid et humide permettant une couverture végétale fossilisant le relief tout en permettant la production d'un horizon C épais et, à l'Aurignacien-Magdalénien, un climat sinon plus froid mais plus sec permettant une érosion plus active, un déblaiement rapide des pentes dénudées et une accumulation des débris au pied des versants ou autour des montagnes.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

Aux ouvrages ou articles cités dans notre communication à la Société géologique de France en 1952 (*C. R. somm. S. G. F.*, 1952, p. 63) nous ajouterons :

COLLOT (1904). — Pliocène et Quaternaire du bas Rhône. *B. S. G. F.*, (4), IV, p. 400-416.

Sur les phénomènes du froid dans le Midi de la France :

BONIFAY E. (1952). — Influence du vent et du froid en Basse Provence au Quaternaire supérieur. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 306.

BOURDIER F. (1940). — Les dépôts quaternaires et le problème du loess dans la vallée de la Durance moyenne. *C. R. Ac. Sc.*, t. 210, p. 405-408.

ELLENBERGER F. (1952). — Polis éoliens rubéfiés sur le littoral languedocien. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 291.

ELLENBERGER P. (1953). — Sur les anciennes grottes de la corniche de Sète (cap de Lazaret) et leur faune villafranchienne. *B. S. G. F.*, (6), III, p. 85 sq.

MARCELIN (1949-1952) in Contribution à la mise en valeur de la Costière du Gard. Collection de la région-pilote du Bas Rhône, n° 2, Nîmes, notamment p. 254-314.

OTTMANN F. (1953). — Les formations plio-quaternaires de la région d'Antibes. *B. S. G. F.*, (6), III, p. 67-84.

TRICART J. (1952 a). — Cours de Géomorphologie. II. — I. Le modelé péri-glaciaire, p. 143.

— (1952 b). — Observations à la note de M. Rondeau sur la Crau. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 207.

Sur les Pyrénées :

GORON (1942). — Rôle des glaciations quaternaires dans le modelé des vallées maîtresses des Pré-Pyrénées ariégeoises et garonnaises et de leur avant-pays.

ALIMEN H. (1953). — Pétrographie des nappes alluviales de la Bigorre, essai de corrélation et de chronologie. *B. S. G. F.*, (6), III, p. 377-391.

BEGOUEN et KOPY (1950). — Le crâne de glouton de la caverne des Trois Frères (Ariège). *Bull. Soc. préhist. Ariège*.

BREUIL. (1950) — Les peintures et gravures pariétales de la caverne de Niaux (Ariège). *Ibid.*

TAILLEFER (1954). — Coulées de pierres et brèches litées quaternaires dans les Pyrénées ariégeoises. *Bull. Soc. Hist. nat. Toulouse*, t. 88, p. 707-709.

Il n'est pas possible ici de donner la bibliographie concernant le Paléolithique méditerranéen. Outre les travaux classiques de COTTE, SAUTER et du colonel LOUIS, on trouvera dans les publications suivantes de très nombreuses notes récentes de C. HUGUES, GAGNÈRE, ESCALON DE FONTON, COUSTÉ, VEYRIER, BEAUX et COMBIER, MARCELIN, etc...

Bulletin de la Société préhistorique de France.

L'Anthropologie.

Bulletin du Muséum d'Histoire naturelle de Marseille.

Mémoires de l'Institut d'Histoire de Provence.

Bulletin de la Société d'Étude des Sciences naturelles de Nîmes.

LÉGENDE DE LA PLANCHE XIII

- FIG. 1. — Plissement superficiel au pied de la Gardiole, au bord de la route départementale 114, à 1 km au N de la RN 108.
- FIG. 2. — Topographie cryonivale dans la Montagnette de Tarascon : piliers séparant des niches de nivation et glacis de piedmont, montrant le litage des éboulis (« gress »)
- FIG. 3. — Éboulis ordonnés au pied des gorges d'Ussat (Ariège), en arrière de la moraine würmienne. Au fond, la paroi de l'auge.

OBSERVATIONS.

Franck BOURDIER pense que l'hypothèse de M. Rondeau, selon laquelle le loess récent de Meyrargues serait remanié, est difficilement compatible avec les observations stratigraphiques. Ce loess, comme il est fréquent dans le bassin du Rhône et dans le Bassin de Paris, est constitué par deux couches séparées par un sol, la couche inférieure étant légèrement décalcifiée dans sa masse ; la surface de séparation entre les deux couches est très nette et sub-horizontale ; si ces deux couches avaient été remaniées postérieurement à leur dépôt, on conçoit mal qu'elles aient conservé une superposition aussi régulière.

Franck Bourdier continue donc à considérer comme très hypothétique l'existence d'une Crau würmienne.

M^{lle} ALIMEN. Dans la vallée du Gave de Pau et de l'Adour, des brèches de cryergie analogues à celles de l'Ariège, dont M. Rondeau a présenté la photographie, sont datées du Würm (intrication des brèches et des moraines à Campan). Certaines formations de même type, mais de faible développement, peuvent être en rapport avec des glaciations antérieures (environs de Lourdes).

A PROPOS
DES « CORRÉLATIONS STRATIGRAPHIQUES PAR MICROFACIÈS
EN AQUITAINE OCCIDENTALE »¹

PAR **Jean Cuvillier** ².

Cet ouvrage, publié à l'occasion du dernier Congrès international du Pétrole de La Haye, en 1951, comporte un certain nombre d'inexactitudes et d'imprécisions, qui peuvent causer préjudice à ceux qui n'en auraient pas connaissance. La présente note a pour but de signaler ces imperfections à ceux, ils sont nombreux à l'étranger plus qu'en France, qui utilisent cette publication.

Certains de ces défauts auraient pu être évités avant sa parution, si je ne m'étais trouvé aux Caraïbes lors de la correction des épreuves, qui ne m'y ont pas suivi ; d'autres m'ont été judicieusement signalés par quelques-uns de mes lecteurs ou bien me sont apparus à la faveur de recherches entreprises depuis 1951 ; parmi ceux-ci, d'ordre stratigraphique plus que paléontologique, se placent des rectifications consécutives à la récente découverte, signalée ici le 15 février dernier, du Jurassique terminal et du Néocomien dans le SW de l'Aquitaine.

Persuadé, dans ce domaine des microfaciès où la rigueur des déterminations est généralement impossible, que de nouvelles observations devront, plus tard, compléter celles que j'ai rassemblées aujourd'hui, je remercie d'avance ceux qui voudront bien les porter à ma connaissance afin que d'autres en puissent faire leur profit avec moi.

Pour la commodité de ceux auxquels je destine ce travail, les rectifications ou précisions apportées, de quelque nature qu'elles soient, seront énoncées dans l'ordre numérique des planches.

Les planches II, fig. 2 et IV, fig. 1 renvoient à une brèche T. 763, pl. III, qui n'a pas été figurée ; elle est, en fait, identique à celle du sondage de Garlin 1 *bis* (et non Garlin 1) 1 922 à 1 924 m, de la planche III.

Les planches IV, V et XVII figurent ou mentionnent des « Characées primitives ? ». Il s'agit de *coprolithes de Crustacés* sur lesquels le professeur

1. CUVILLIER J. (1951). Corrélations stratigraphiques par microfaciès en Aquitaine occidentale. Third world Petroleum Congress, La Haye, J. Brill, 90 pl.

2. Note présentée à la séance du 17 mai 1954.

Paréjas a eu l'amabilité d'attirer mon attention, en me signalant les travaux qu'il leur a consacrés ¹.

Les éléments de calcaire à Spongiaires de la planche VII, fig. 1 sont, dans le sondage de Garlin 2 (et non Garlin 1), en remaniement dans du Crétacé inférieur.

Il faut abandonner en partie l'hypothèse encore exprimée en note infrapaginale de la planche X, relative à la transgression générale de l'Aptien sur différents termes de la série sous-jacente ; ce fait, évident en certains points, n'est plus la règle comme on le croyait encore en 1951, le Jurassique terminal et la base du Crétacé inférieur ayant été récemment identifiés dans plusieurs sondages et sur le terrain.

W. Maync attribue, dans une note de 1953², les Lituolidés que j'ai figurés planches XIV, fig. 1, XV, fig. 2 et XVI, fig. 1 au genre *Pseudocyclammina* YABE et HANZAWA ; il considère, en outre, comme très voisines de *P. hedbergi* MAYNC les formes qui accompagnent les Solénoporées de la planche XVI.

Le professeur M. Reichel attribuerait plutôt au genre *Orbitolinopsis* la Coskinoline (?) que j'ai figurée en haut et à droite de la planche XV (fig. 1) (communication par lettre).

Le « calcaire à débris de Characées et Ostracodes » de la planche XVI, fig. 2, est probablement dans du Néocomien (Hautérvien ?) ; tel est également le cas des niveaux à Annélides et coprolithes de la planche XVII, fig. 1 et 2, et peut-être aussi du « calcaire à débris d'Annélides et de Mollusques » de la planche XVIII, fig. 1. Ils sont, les uns et les autres, sous l'Aptien franc à Orbitolines.

Dans la section circulaire de la forme conique que l'on trouvera planche XXI, fig. 1, R. Ciry et P. Rat, ont reconnu le genre *Simplorbitolina manasi* qu'ils ont créé et décrit en 1953³.

Le calcaire bréchique à spicules monaxones de Spongiaires de la planche XXIV, fig. 1 n'est pas dans l'Albien, dont il rappelle le faciès, mais dans du Flysch inférieur cénomano-turonien ; de nouvelles plaques dans l'échantillon R. 10 y ont, en effet, montré la présence de rares *Rotalipora* et Globigérines qui conduisent à cette rectification.

Le professeur M. Reichel, qui a examiné les plaques B. 430 et U. 291 des planches XXXIX, fig. 2 et XLII, fig. 1, y voit plutôt *Subalveolina dordonica* REICHEL, forme A ; la roche contient cependant aussi des Lacazines.

Aux légendes des planches L et LI, remplacer *Orbitoides* par *Lepidorbitoides*.

La calcite en « choux-fleurs » de la planche LVIII, fig. 2, s'identifie avec les cristallisations énigmatiques que le professeur Fallot et M^{me} Faure-Muret⁴ ont récemment rapportées au genre *Microcodium* GLUCK ; leur structure paraît, dans certains cas, assez franchement organisée. On les rencontre en Aquitaine, à plusieurs niveaux, de l'Aptien au Danien.

Les Globigérines de la planche LX, fig. 2, sont probablement à rapporter à *G. pseudobulloides* PLUMMER.

M^{me} M. Neumann m'a fait remarquer que les Discocyclines des planches

1. PARÉJAS E. (1948). — Sur quelques coprolithes de Crustacés. *Archives Sciences*, vol. 1, p. 512-520, Genève.

2. MAYNC W. (1953). — *Pseudocyclammina hedbergi* n. sp. from the Urgo-Aptian and Alban of Venezuela. *Contr. Cushman Found.*, vol. IV, part. 3, p. 101-103, pl. 15-16.

3. CIRY R. et RAT P. (1953). — Description d'un nouveau genre de Foraminifère, *Simplorbitolina manasi*. *Bull. Soc. scient. Bourgogne*, t. XIV, p. 85-100, pl. 1.

4. FAURE-MURET A. et FALLOT P. (1954). — La formation à *Microcodium* au pourtour de l'Argentera-Mercantour. *B. S. G. F.* (6), IV, p. 111-138.

LXII, fig. 1, et LXIX, fig. 1, répondraient plutôt aux caractéristiques d'une espèce nouvelle, actuellement à l'étude (au lieu de *D. pratti* MICHELIN).

Les Alvéolines de la planche LXV, fig. 2, ressemblent plus, selon le professeur REICHEL, à *A. subpyrenaica* LEYMERIE qu'à *A. oblonga* D'ORBIGNY (communication orale).

Dans le calcaire à *Alveolina oblonga* de la planche LXVIII, les *Orbitolites* de petite taille sont des *Opertorbitolites* (et non *Lepidorbitolites*).

Les planches LXXII, fig. 2, et LXXIII, fig. 2, montrent, parmi d'autres organismes, des sections en couronnes attribuées à des Annélides ; il s'agit, en réalité, de Scaphopodes, du genre *Dentalium*, que le professeur Reichel connaît aussi dans le Lutétien des Alpes, d'Espagne méridionale, du Vicentin, etc... (communication par lettre).

Il semble bien qu'il n'y ait plus lieu de contester l'attribution de *Fabiania*, planche LXXV, fig. 1, à un Foraminifère ; j'en possède maintenant des individus qui montrent une loge initiale.

Le Dr Thomas, de l'Iraq Petroleum Company, m'a précisé que les grands débris festonnés et alvéolaires de la planche LXXXIX, fig. 2, appartiennent à des tests de *Balanus* ; j'ai contrôlé le bien fondé de son observation.

Si, dans l'ensemble, ces remarques modifient peu les attributions stratigraphiques des 180 microfaciès présentés, elles comportent un certain nombre de corrections paléontologiques qui sont, je crois, plus importantes. On doit, en effet, essayer d'identifier toujours avec le maximum d'exactitude les débris d'origines diverses que l'on observe en plaques minces, si l'on veut, en les utilisant à des fins de corrélations, en tirer toutes les possibilités qu'ils apportent.

C'est pour m'approcher de ce résultat que je me suis attaché à réduire les équivoques ou les incertitudes que comporte la première édition de mon album de microfaciès. L'édition bilingue (anglais-français), actuellement en préparation en Hollande, fera état, plus tard, de toutes ces corrections que je livre d'abord au *Bulletin de la Société géologique de France*.

OBSERVATIONS.

P. JODOT. Bien qu'il n'ait pas observé de structure anatomique dans les préparations microscopiques taillées à travers les *Microcodium* de l'Aptien au Danien de l'Aquitaine, M. Cuvillier accepte de ranger ce genre parmi les Algues. Deux arguments semblent s'opposer à cette interprétation :

1) Si les genres d'Algues fossiles sont en général groupés dans un étage ou dans une série d'étages stratigraphiques plus ou moins continus, la présence de *Microcodium* serait maintenant reconnue, d'après les observations de M. Cuvillier, depuis l'Aptien jusqu'au Danien. — 2) *Microcodium*, dont le type provient d'un calcaire lacustre du Miocène de Bade, se rencontrerait

aussi dans les formations lacustres et marines, ce qui est anormal. La nature du milieu n'a pas été précisée pour plusieurs gisements ; ainsi *Microcodium* aurait été identifié à la fois dans la gompholite helvétique marine du Jura au Locle (J. Favre), en couches isolées au milieu des bancs marins et lacustres des Alpes-Maritimes (A. Faure-Muret et P. Fallot), dans le Crétacé supérieur des Alpes et des Pyrénées (L. Moret), dans l'Aptien de l'Aquitaine, etc... Toutes ces identifications me paraissent douteuses.

APPORTS SÉDIMENTAIRES EN SUSPENSION DANS LA LOIRE (ANNÉE 1953)

PAR **Léopold Berthois** ET **Maurice Barbier** ¹.

Sommaire. — Des dosages périodiques des sédiments contenus en suspension dans les eaux de la Loire ont été faits en 1952 et 1953. Les lieux de prélèvement sont tous situés en dehors de la zone soumise à la marée saline. Ces dosages, considérés en fonction du débit du fleuve, ont permis une première évaluation du tonnage des matériaux transportés en suspension pendant l'année 1953.

P. Ballade [1953] a montré que les sédiments transportés en suspension par la Loire ne contenaient pratiquement pas de matériaux atteignant la dimension des sables telle qu'elle a été définie par J. Bourcart [1941, 1952].

Nous avons tenté d'évaluer la quantité de sédiments fluviaux apportés en suspension dans les eaux du fleuve pendant l'année 1953.

Pour le calcul du débit, nous avons utilisé les relevés quotidiens de la cote du fleuve à Montjean (près d'Ancenis).

Des profils en travers et des jaugeages du fleuve à Montjean sont effectués périodiquement par le Service maritime des Ponts et Chaussées depuis 1844. Trois périodes y sont distinguées : jaugeages effectués entre 1844 et 1910, entre 1910 et 1945 et entre 1945 et 1953. Les courbes de débit ont donc subi des retouches successives à mesure qu'évolue le fleuve et qu'augmente la précision des mesures.

La courbe de débit que nous avons utilisée a été établie d'après les jaugeages postérieurs à 1945, elle est donc le résultat des huit dernières années d'observations. Elle permet de connaître le débit du fleuve en $\text{m}^3/\text{sec.}$ en fonction de la hauteur d'eau.

Grâce à ces données, nous avons construit une courbe journalière des débits en $\text{m}^3/\text{sec.}$ Elle est reproduite, un peu schématisée, par la figure 1.

Pour évaluer les teneurs en suspension, des prélèvements périodiques ont été faits en 1952 et 1953, en amont de Nantes. Toutes les prises ont été faites en dehors de la zone soumise à la

1. Note présentée à la séance du 24 mai 1954.

marée saline et même, autant que possible, en dehors de la zone soumise à la marée dynamique. Cette dernière est encore sensible à Mauves-sur-Loire, surtout en période de vives eaux, alors qu'elle n'a pratiquement plus d'effet à Oudon.

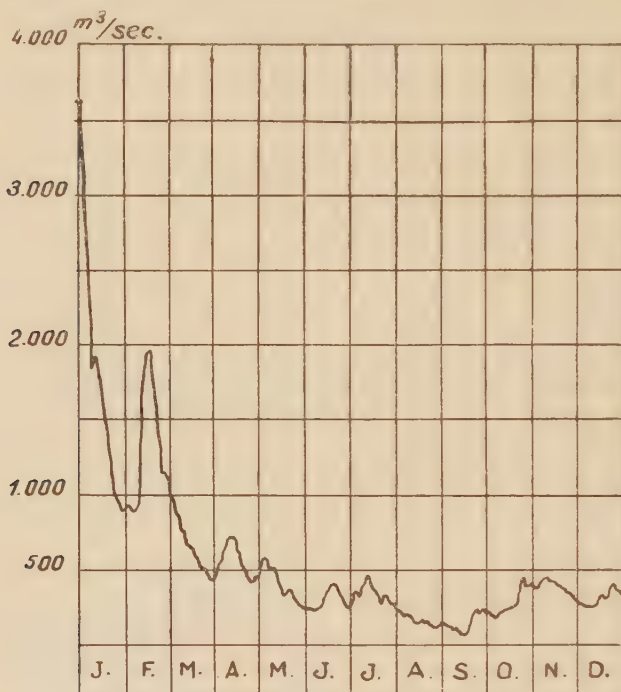


FIG. 1. — Débit de la Loire à Montjean en 1953.

Nous avons fait des prélèvements simultanés à Oudon, Mauves-sur-Loire et Thouaré pour déceler les variations des teneurs en suspension. Les résultats sont donnés dans le tableau suivant :

Date 1953	Débit en m ³ /sec.	Suspensions en gr. dans 1.000 cc		
		Oudon	Mauves	Thouaré
9 juin.....	70	0 006	0 009	---
27 juin.....	100	0 009	0 012	---
7 juillet.....	150	0 016	0 014	0 015
31 juillet.....	80	0 006	0 006	---

Ces résultats montrent que, pour des débits très faibles du fleuve, par conséquent en des circonstances où la marée dynamique peut être prépondérante, les différences enregistrées sont

faibles et peuvent aussi bien être attribuées à des différences locales dans l'homogénéité des suspensions.

Toutes les prises d'échantillons ont été faites dans la tranche d'eau supérieure du fleuve.

Les sédiments en suspension ont été dosés par une méthode néphélométrique que nous avons mise au point en tenant compte des remarques de S. Mériaux [1952, 1954].

La courbe de référence de notre néphélomètre a été construite en fonction de dosages pondéraux effectués sur des sédiments de la Loire [Sainclivier et Berthois, 1953].

Les résultats actuellement obtenus, exprimés en fonction du débit du fleuve, ont permis de tracer la courbe représentée sur la fig. 2.

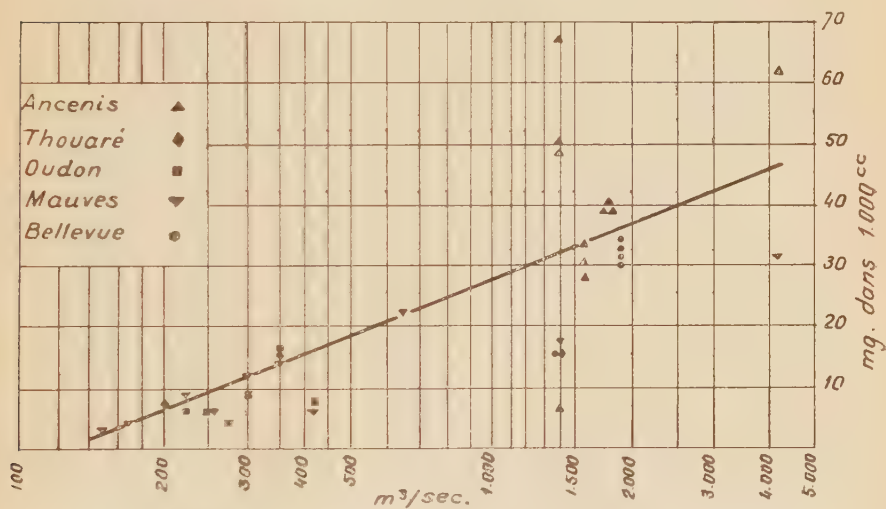


FIG. 2. — Sédiments en suspension dans la Loire en 1953.

Abscisses : débit du fleuve en m³/sec. ;

ordonnées : poids de sédiment sec par mgr dans 1 000 cc.

On peut observer que certains points présentent des écarts importants en plus ou en moins, avec la courbe tracée. Nous avons adopté un tracé moyen qui tient compte de ces incertitudes. Les mesures qui seront poursuivies pendant plusieurs années encore, permettront sans doute de rectifier cette courbe ou, en tout cas, d'en augmenter la probabilité.

A l'aide de cette courbe, des teneurs en suspension et des débits journaliers du fleuve calculés d'après les cotes à Montjean-Ancenis, nous avons calculé : 1° les débits mensuels du fleuve (en m³) colonne 1 ; 2° le poids des sédiments secs transportés (en tonnes métriques) colonne 2.

	1	2		1	2
Janvier...	4 841 540 000	178 267	Report ..	12 962 040 000	371 949
Février...	3 411 100 000	98 760	Juillet...	957 500 000	13 535
Mars.....	1 829 200 000	42 276	Août....	517 000 000	2 973
Avril.....	1 482 500 000	30 314	Sept....	371 900 000	1 487
Mai.....	992 500 000	14 829	Oct.....	718 300 000	7 814
Juin.....	705 200 000	7 503	Nov....	980 300 000	14 627
A reporter.	12 962 040 000	371 949	Déc.....	806 600 000	9 506
				17 313 640 000	421 891

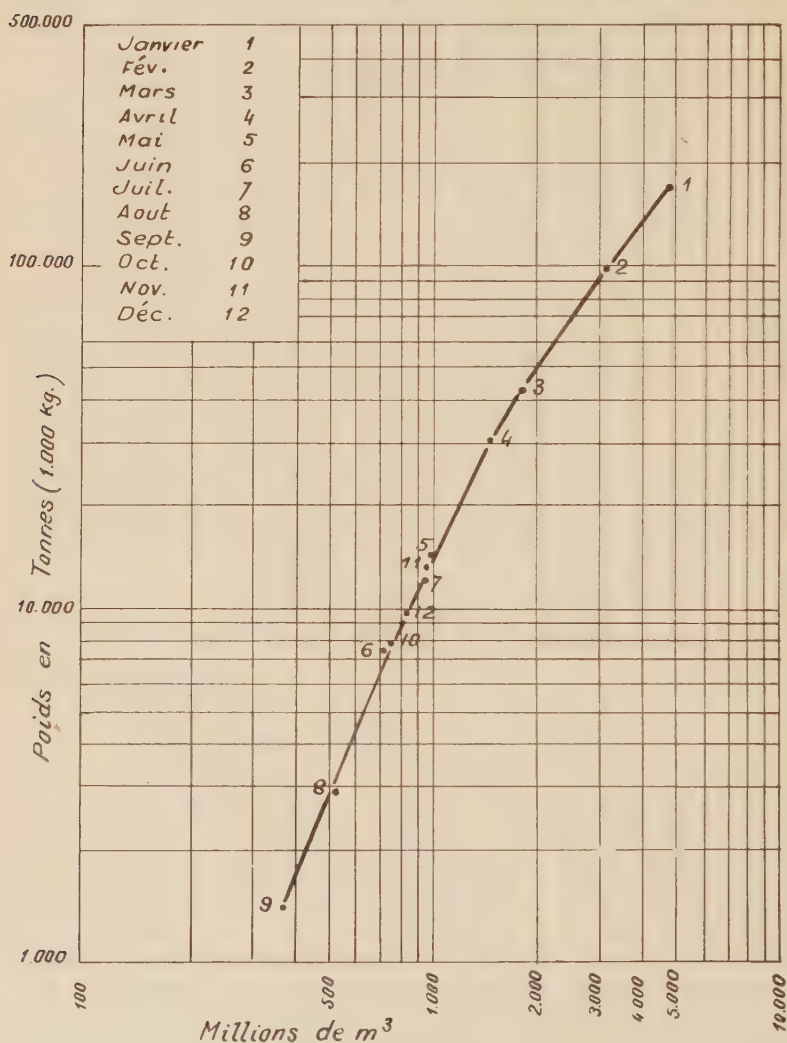


FIG. 3. — Relation du débit et des sédiments en suspension dans la Loire en 1953.

Abcisses : débit mensuel du fleuve en millions de m^3 ;
 ordonnées : poids de sédiments en suspension en tonnes métriques (1 000 kg).

Ces résultats ont été utilisés pour la construction du graphique n° 3 :

Ce graphique établit la relation entre le débit et le tonnage des sédiments transportés en suspension.

Ces résultats montrent :

1° Que la teneur en suspension augmente en même temps que le débit, suivant une loi que de nouvelles mesures permettront sans doute de préciser.

2° L'importance de l'apport fluvial de la Loire en sédiments en suspension. Dans l'état actuel de nos recherches, c'est moins le chiffre exact qu'il faut retenir que son énorme importance.

Les mesures que nous comptons poursuivre pourront faire subir des modifications à notre courbe actuelle des teneurs en suspension, mais on peut déjà prévoir que ces modifications, qui augmenteront ou diminueront les tonnages évalués, ne les transformeront pas au point de changer profondément la signification des résultats obtenus.

3° Le rôle capital des périodes de crue dans l'apport sédimentaire. En effet, 67 % du tonnage global de 1953 a été apporté pendant les hautes eaux de janvier et de février.

Des mesures systématiques ont été entreprises pour évaluer le pourcentage des sédiments en suspension évacués en mer. Elles devront être poursuivies pendant encore au moins un an avant qu'une interprétation puisse leur être donnée.

LISTE DES OUVRAGES CITÉS

- BALLADE P. (1953). — *Bull. Inf. Com. Centre Ét. océan. et Côtes*, 5^e ann., n° 4, p. 163-176.
- BOURCART J. (1941). — *B. S. G. F.*, (5), XI, p. 117-153.
- (1953). — *Les frontières de l'Océan*. Coll. Sc. d'aujourd'hui, Paris, Albin Michel, p. 209.
- MÉRIAUX S. (1952). — *C. R. Ac. Sc.*, t. 235, p. 381-383.
- (1954). — *Ann. agronomiques*, 5^e ann., n° 1, p. 5-59 ; n° 2, p. 149-205.
- SAINTCLIVIER M. et BERTHOIS (1953). — *C. R. Ac. Sc.*, t. 236, p. 621-623.

OBSERVATIONS.

A. RIVIÈRE fait quelques observations quant à la précision de la méthode néphélométrique, mais l'ordre de grandeur des erreurs possibles ne lui semble pas susceptible de compromettre la signification des résultats.

29 décembre 1954.

Bull. Soc. Géol. Fr. (6), IV. — 16

AMPLEUR DES RÉGRESSIONS GLACIOEUSTATIQUES

PAR André Cailleux ¹.

Sommaire. — La formation des glaciers quaternaires, lors du maximum, a exigé une tranche d'eau de 120 à 220 m soit, compte tenu de la réaction isostatique corrélative, une régression de 90 à 150 m par rapport au zéro actuel. Hypothèse d'inlandsis généralisés et de régressions profondes à certaines époques du Précambrien.

Les mesures des Expéditions polaires françaises, en fournissant pour la première fois l'épaisseur d'un inlandsis actuel, et par suite son volume, permettent de réviser l'idée qu'on peut se faire des régressions glacioeustatiques, c'est-à-dire de l'abaissement du niveau de la mer consécutif à l'emmagasinage d'eau dans les glaciers terrestres. Je rappellerai d'abord les témoignages géologiques des régressions quaternaires ; puis je les comparerai aux évaluations théoriques déduites du volume des glaces ; je montrerai l'opposition entre époques à inlandsis, et époques sans inlandsis, comme le Mésozoïque et le Cénozoïque ; enfin je discuterai la possibilité d'inlandsis généralisés et de régressions profondes.

I. Témoignages géologiques des régressions glacioeustatiques quaternaires.

Les principaux témoignages, indiqués par les auteurs, sont rassemblés dans le tableau 1. Certains, fondés sur des fossiles (tourbes, coquilles littorales... etc.), sont peu contestables. D'autres sont fondés sur des formes topographiques ; mais comme ils conduisent aux mêmes ordres de grandeur de régression, ils peuvent aussi être invoqués. Au total, les valeurs sont comprises entre 40 et 172 m, avec une fréquence un peu plus forte vers 90 m.

L'interprétation en est certes délicate. Dans le cours d'une régression, des témoignages ont pu s'inscrire à certains moments, non à d'autres, de sorte que ceux que nous observons ne nous indiquent pas forcément quelle fut l'ampleur maximum de la régression. Tout laisse à penser qu'il y a eu, au cours du Quaternaire, plusieurs régressions, autant que de glaciations, et comme celles-ci ont été inégales, les régressions ont pu l'être aussi.

1. Note présentée à la séance du 10 mai 1954.

D'autre part, les cotes des témoignages ont pu être affectées, en certains points, soit par la flexure continentale [Bourcart, 1952] entre océan et continent, soit par des mouvements locaux du sol ; ceux-ci ont été très amples, par exemple, en Scandinavie et dans le delta du Pô, que nous avons exclus pour cette raison du tableau ; ils ont été notables près de Philadelphie et en Mer du Nord, où la vallée submergée du Devils Hole descend jusqu'à 250 m. Aussi les données du tableau ne doivent-elles être interprétées qu'avec la plus grande prudence. Elles fixent seulement un ordre de grandeur moyen.

AUTEUR	RÉGION	OBSERVATION	PROFON- DEUR (en m)
Kuenen, 1950		Récifs coralliens	80
Daly, 1929		—	100
Lévêque	Golfe de Gascogne	Blocs de 40-60 cm et galets	50 à 100
Blane, 1953	Versilia (Italie)	Argile tourbeuse	99
Veatch et Smith. .	Philadelphie	Replat	77 à 105
Rusgall (J. J.) . .	Delta du Rhône	—	100
Godwin	Mer du Nord	Tourbe	50
Cailleux, 1942. . .	—	Sable éolisé	90 à 145
Jukes Browne. . .	—	Fossiles de plage	70
—	Écosse	Sable éolisé	60
Flint, 1947	Hudson	Estuaire submergé	80
Kuenen, 1950	—	—	70
Flint, 1947	Mer de la Sonde	Vallées submergées	100
Kuenen, 1950	—	—	90
Flint, 1947	Boston	Fond rocheux de vallées	70 à 120
—	Tasmanie-Victoria	Pont exigé par analogie des flores et faunes actuelles	> 80
—	Bering	Chenaux submergés	> 60
Pfannenstiel, 1953.	Delta du Nil	—	90
Yoshikawa Torao, 1953	Archipel japonais	Plateforme holocène	40
—	—	Plateforme Würm	70 à 100
—	—	Plateforme du Quaternaire inférieur	100 à 160
Guilcher, 1950	Manche, Hurds Deep	Vallée submergée	172
—	Guinée française	—	50
Bourcart, 1952 ...	Régions connues du globe	Limite externe du plateau continental	110 à 145

TABEAU 1. — Profondeur moyenne découverte lors des régressions quaternaires (en m), d'après les dépôts et formes présentement immergés.

II. Évaluations pour le Quaternaire d'après le volume des glaciers terrestres.

En 1952, les mesures de l'épaisseur de l'inlandsis du Groenland par sondage sismique, confirmées par la gravimétrie et portant sur la moitié sud de l'île, m'avaient donné une moyenne de 1 900 à 2 200 m, d'où, en admettant 2 460 m pour l'Antarctique 8 fois plus étendu, un volume de glaces du Globe de 26 à 36 millions de km³ soit, sur la surface actuelle des océans, une tranche d'eau de 65 à 90 m ; une compensation isostatique ne manquerait pas de se produire ; si on admet 3 pour densité de la matière qui partirait de sous les océans, l'élévation finale du niveau marin serait réduite de 1/3, 2, donc serait de 42 à 60 m, élévation supérieure à toutes celles qui avaient été proposées jusqu'alors.

Depuis lors, les mesures de l'Expédition norvégienne-britannique-suédoise dans l'Antarctique ont révélé, près de la bordure, des épaisseurs si fortes, que W. Ahlmann, reprenant mes évaluations de 1952, a conclu (je traduis) : « La valeur la plus élevée, 60 m, est probablement un minimum ». Mais de nouvelles mesures inédites, étendues à la moitié nord du Groenland, donnent à MM. Bauer et Holtzscheler, des Expéditions polaires françaises, une épaisseur moyenne, pour l'ensemble de l'inlandsis groenlandais, de 1 500 à 1 600 m (donc plus faible) et une surface de 1 730 000 km² (un peu plus forte), d'où un volume de 2,6 à 2,8 millions de km³. Tout compte fait, le volume des glaces terrestres actuelles du Globe est probablement compris entre 22 et 36 millions de km³, soit une élévation finale du niveau océanique de 38 à 62 m (la matière compensatrice étant prise de densité 3,2).

		T	A
1° Au Würm	Antevs, 1928.....	90	60
	Daly, 1929.....	75	50
	Dubois, 1931.....	90	40
	Flint, 1947.....	70 à 102	48 à 70
	Kuenen, 1950.....	60 à 80	40 à 55
2° Lors de la glaciation maximum	Daly, 1929.....	90	60
	Ramsay, 1930.....	260	180
	Dubois, 1931.....	131	90
	Flint, 1947.....	120	80
	Kuenen, 1950.....	90 à 110	60 à 75
	Cailleux, 1954.....	120 à 220	90 à 150

TABLEAU 2. — Ampleur des régressions glacioeustatiques, en m.

T : tranche d'eau océanique exigée pour la formation de glaciers ; A : abaissement résultant du niveau marin, déduction faite de l'affaissement isostatique, calculé par A. Cailleux, avec $d = 3,2$.

Il se confirme donc que les inlandsis actuels sont encore plus gros, plus épais, qu'on ne l'avait cru jusqu'ici. Davantage de glace y est accumulée. Dès lors, il est permis de penser qu'il a pu en être de même des inlandsis quaternaires.

Pour ceux-ci, des évaluations ont été tentées, qu'indiquent les tableaux 2 et 3.

Auteur	Surface maximum 10 ⁶ km ²	S. max. S. act.	Volume maximum 10 ⁶ km ³	V. max. V. act.	Tranche d'eau Océans		
					brute m	Corr. simult.	Après isost.
Ramsay, 1930	55	3,6	133	5,9	260		180
Dubois, 1931		2,7	65	3,6	131		90
			à 75	4,6			
Penck, 1933			62				
Daly, 1934			63	3,0	105	90	60
Flint, 1947	47	3,1	57	5,9	120		80
Cailleux, 1954	47	3,1	70	3,1	120		90
			à 120	à 3,5	à 220		à 150

TABLEAU 3. — Données sur les glaciations quaternaires lors du maximum.

Corr. simult. : Compte tenu d'une correction faite par Daly pour le cas où les maximums n'auraient pas été simultanés.

Les évaluations de 1930 à 1947 avaient été faites en multipliant les surfaces par les épaisseurs moyennes. Pour le maximum quaternaire, les surfaces sont maintenant bien connues, sauf en Sibérie ; l'erreur est inférieure à 10 %. Quant aux épaisseurs, elles ont été jusqu'ici déduites de l'altitude des nunataks (hauts sommets que les inlandsis quaternaires n'ont pas recouverts). Le relèvement isostatique postglaciaire de la Scandinavie a, lui aussi, permis de calculer rétroactivement l'épaisseur de la glace jadis en surcharge : mais il s'agit de l'épaisseur Würm final, c'est-à-dire, il y a peut-être 20 000 ans seulement ; dans un plus lointain passé, une épaisseur plus forte a pu exister, qui n'a pas laissé de trace décelable sur le déséquilibre isostatique actuel. Par ailleurs, le tassement des argiles sera peut être susceptible de fournir des renseignements sur la charge maximum qu'elles ont pu supporter, lorsqu'un inlandsis quaternaire est venu les recouvrir (Dücker..., etc.).

Mais dès maintenant une autre méthode d'évaluation des épaisseurs et des volumes s'offre à nous : la comparaison avec les glaciers actuels. La surface des glaciers quaternaires, au maximum, fut à celle des actuels dans le rapport de 3,1 à 1. On peut admettre, sans grand risque d'erreur, que les volumes ont été au moins dans le même rapport. Si l'épaisseur avait varié proportionnellement, les volumes seraient même dans le rapport de 5,4 à 1. Mais il n'en a probablement pas été ainsi ; actuellement, en effet, le Globe porte

un inlandsis respectable, l'Antarctique (qui à lui seul forme 90 % des glaces terrestres) à quoi s'ajoute le Groenland, qui en est le dixième environ. Au Quaternaire, au lieu d'un très grand inlandsis, il y en eut trois : le Nord-américain et l'Euro-sibérien s'ajoutant alors à l'Antarctique ; si on les suppose tous trois semblables de forme, c'est vers le rapport de 3 à 1 qu'on revient : mais bien entendu l'Antarctique lui-même devait alors être plus épais qu'aujourd'hui. Tout compte fait, le rapport des volumes n'a très probablement pas été inférieur à 3,1, et a pu atteindre facilement 3,5. Le volume actuel étant compris entre 22 et 36 millions de km^3 , le volume du maximum glaciaire put être de l'ordre de 70 à 120 millions ; la tranche d'eau exigée par sa formation fut de 125 à 214 m ; soit 85 à 150 m d'abaissement final, compte tenu de l'isostasie, si on admet 3,2 pour densité de la matière lourde compensatrice.

Ces calculs appellent discussion. 1^o) Il faudrait en exclure les plateformes flottantes, comme celle de la mer de Ross, qui ne changent rien au niveau mondial des océans. 2^o) Avec tous les auteurs antérieurs, on a admis implicitement la quasi-simultanéité des variations de volume glaciaire, sur l'ensemble du Globe. Pour celle-ci viennent plaider de nouveaux et tous récents arguments : *a*) faunes de Foraminifères pélagiques froids trouvés par forages sous-marins jusque sous l'équateur ; *b*) récession du Ruwenzori [de Heinzelin, 1953] et des glaciers de l'hémisphère sud depuis 70 ans, comme pour l'hémisphère nord ; *c*) datation au radiocarbone montrant les mêmes âges de déglaciation postwürm en Amérique du Sud, du Nord et en Europe. 3^o) Enfin, puisque la régression a pu atteindre, et peut-être dépasser la cote — 100 m, elle a libéré environ la moitié du plateau continental ; la surface des océans, au lieu de 361 millions de km^2 , comme aujourd'hui, en comptait alors 14 à 21 millions de moins, soit 347 à 340 millions ; de cette surface plus faible, le départ d'eau vers les glaciers dut abaisser le niveau un peu plus : au lieu de 125 à 214, on trouve 130 à 223 m ; soit, après compensation isostatique, 90 à 150 m.

Ces valeurs sont supérieures à toutes les évaluations antérieures, sauf celles de Ramsay [1930]. Elles le doivent à ce que l'épaisseur des inlandsis actuels avait été sous-estimée ; le rapport des volumes (maximum/actuel), avait au contraire été plutôt surestimé, sauf par Daly [1934] ; notre évaluation lui assigne une valeur modeste, même comparée à celle de Flint [1947].

III. Quaternaire et époques sans inlandsis.

Au total, les évaluations tirées du volume des glaces terrestres conduisent, pour l'ampleur maximum des régressions quaternaires, à des valeurs (90 à 150 m) du même ordre que les plus élevées fournies par les témoignages géologiques, ce qui n'a rien d'étonnant puisque ceux-ci ont pu s'inscrire à tous les niveaux entre le 0 et le maximum. L'accord est donc tout à fait satisfaisant.

Compte tenu de la transgression de 38 à 62 m qui résulterait de la fonte des glaces terrestres actuelles, les oscillations quaternaires ont pu atteindre une amplitude totale de 120 à 220 m. Et l'on sait, par l'étude des glaciations et des forages sous-marins, qu'elles se sont répétées 4 à 10 fois, peut-être, en un seul million d'ans.

Dans le passé géologique, rien de tel n'eut lieu aux époques plus chaudes, comme le Mésozoïque et le Tertiaire ; certes, des glaciers locaux ont pu alors exister, mais ils ont dû être sans effet appréciable sur le niveau marin, à en juger par la nature actuelle où ils forment seulement 1 % du volume des glaces terrestres, contre 99 % aux inlandsis. Dans le temps géologique, comme dans l'espace, ceux-ci apparaissent brusquement, ce qu'explique bien la théorie d'une origine à partir de glaciers de piémont, se bombant dès qu'ils atteignent la limite des neiges persistantes : d'où autocatalyse d'altitude, imaginée par Wegmann [1939], et entièrement confirmée par les mesures des Expéditions polaires françaises en Islande et au Groenland [Cailleux, 1952]. S'il en est bien ainsi, on doit opposer à ce point de vue, dans l'histoire géologique, deux sortes de périodes : à inlandsis et sans inlandsis. Les premières seules ont comporté, à l'instar du Quaternaire, des régressions et transgressions glacio-eustatiques mondiales, amples et à brefs intervalles. Aux époques sans inlandsis, comme le Mésozoïque et le Cénozoïque, les régressions et transgressions, dont la géologie nous montre les marques, ont peut-être été d'un tout autre type.

Les différences se sont étendues aux terres libres d'eau et de glace. Au Quaternaire, les dénivelées glacio-eustatiques de 130 à 220 m, en abaissant brusquement et fortement tous les niveaux de base océaniques, ont provoqué, sur la plupart des fleuves, des recouvrements vigoureux, et la mise en relief de terrasses. Quelle différence avec les époques chaudes antérieures, comme le Mésozoïque et le Tertiaire ! Pour nous représenter la Terre à ces époques sans inlandsis, il faut d'abord faire remonter le niveau des océans

de 40 à 60 m ; 10 millions de km², 20 fois la France, seraient ainsi submergés. Mais surtout, il faut supprimer les grandes oscillations mondiales, répétées à brefs intervalles, et les recreusements consécutifs. Peut-être, de ce fait, les vallées étaient-elles, en moyenne, moins creuses qu'aujourd'hui, les terrasses fluviales moins généralisées ou moins distinctes.

Peut-être l'image de la terre, modelée au Quaternaire, est-elle, en cela, comme par d'autres traits, exceptionnelle, et aurions-nous tort de la projeter, sans retouche, dans n'importe quel passé.

IV. Possibilité d'inlandsis généralisés et de régressions très profondes.

Autant les conclusions précédentes doivent être tenues pour vraisemblables, étant directement fondées sur des faits, autant les développements qui vont suivre doivent être considérés comme le simple énoncé de possibilités hypothétiques, tant il appartiendra à l'avenir de décider si elles ont été en fait réalisées parfois à certaines époques anciennes de l'histoire de la terre, ou jamais.

L'un des résultats essentiels des Expéditions polaires françaises, évoqué plus haut, peut se formuler ainsi : « Pour une région comme le Groenland, deux états sont possibles, à peu près compatibles avec le climat mondial actuel : l'un, réalisé en fait, avec inlandsis ; l'autre sans inlandsis. » En effet, si l'inlandsis fondait, le socle déglacé étant (valeurs rectifiées 1954) à l'altitude moyenne de 600 m soit, compte tenu de l'isostasie, de 1 050 m, se trouverait ainsi en-dessous de la limite des neiges permanentes, qui va actuellement de 1 100 à 1 500 m. Inversement un inlandsis, une fois amorcé par une fluctuation climatique froide, tend pour une part à se maintenir par autocatalyse d'altitude ; et il faut un réchauffement climatique assez fort pour réussir à le faire disparaître. Une même région peut donc se trouver sous deux états stables extrêmes : avec ou sans inlandsis. Résultat valable à toutes sortes d'échelles : Joset a montré, le premier, qu'il s'applique en Islande à la modeste calotte du Vatna Jökull, 200 fois plus petite que le Groenland ; dans l'autre sens, il vaut encore à l'échelle du continent (Antarctique actuel) ou d'une grosse fraction de continent (Amérique du Nord au Quaternaire). Au total, sur le Globe, le nombre des grands inlandsis distincts possibles, ayant été de zéro au Mésozoïque et au Cénozoïque, 1 ou 2 actuellement, et 3 ou 4 au Quaternaire, a varié, par sauts discontinus ; par analogie avec la physique, on pourrait dire qu'un inlandsis est en quelque sorte un *quantum de glaciation*.

Mais chacun d'eux est, en définitive, une fraction de l'océan, transportée sur un continent, et solidifiée. De sorte qu'il lui correspond un *quantum de régression*.

Quant aux continents, chacun peut être considéré, à l'image de l'Antarctique actuel, comme un *support possible d'inlandsis*. Le nombre de ceux-ci n'est pas illimité : aujourd'hui, 10 % de la surface des terres sont occupés par 1 ou 2 inlandsis ; au Quaternaire, 30 % par 3 ou 4 ; en extrapolant, pour 100 %, on trouve 6 ou 8 inlandsis ; et il y a précisément 6 continents.

Poussant à l'extrême, essayons de nous représenter ce qui se passerait si, par un grand refroidissement climatique, presque toute l'eau des océans actuels se trouvait transformée en inlandsis coiffant les continents. Le volume d'eau actuel, glace comprise, est de $1\,400 \times 10^6 \text{ km}^3$. Accordons-en 1 200 aux glaces terrestres, supposées occuper les continents et le plateau continental, soit $186 \times 10^6 \text{ km}^3$ environ ; l'épaisseur moyenne des inlandsis ainsi généralisés est donc de 6,5 km d'eau, soit 7 000 m de glace. Par réaction isostatique, le continent s'affaisse de 2 000 m ; le bénéfice net d'altitude est 5 000 m, par rapport au niveau des mers actuelles. A la même époque, dans l'océan il reste $1\,400 - 1\,200 = 200$ millions de km^3 ; d'après la courbe hypsographique, la baisse est de l'ordre de 4 000 m ; compte tenu du relèvement isostatique du fond, de 2 750 m. L'altitude moyenne finale des inlandsis s'établit alors ainsi, en mètres :

Altitude moyenne actuelle des continents (non englacés).....	800
Glace 7 000 — affaissement isostatique 2 000, reste.....	5 000
Océans 4 000 — relèvement isostatique 1 250, reste.....	2 750
Altitude moyenne finale des inlandsis par rapport au niveau des océans de l'époque.....	8 550

Ces inlandsis seraient thermiquement stables ; sous le climat actuel, la limite des neiges persistantes est en effet comprise entre les altitudes 0 (régions polaires) et 5 400 m (10° lat. S), exceptionnellement 6 500 m au Tibet, très sec.

Mécaniquement, il faut encore que l'inlandsis ne tende pas à s'écouler trop vite, ce qui dépend de sa forme. A en juger par le Groenland actuel, où l'altitude maximum de la glace est le double de l'épaisseur moyenne, on peut accorder aux inlandsis généralisés une altitude maximum de $2 \times 7\,000 \text{ m} = 14 \text{ km}$; soit une altitude relative de 11 km par rapport au bord de l'actuel plateau continental qui serait leur limite probable ; d'autre part, le rayon moyen des continents actuels est compris entre 1 600 et 4 100 km, avec une moyenne de 2 500 km ; d'où, en assimilant l'inlandsis à

un cône, une pente moyenne de 4 à 5 ‰. Or l'inlandsis groenlandais actuel présente précisément une pente moyenne de 4,5 ‰. L'inlandsis généralisé paraît donc compatible avec les conditions de stabilité mécaniques actuellement connues, ou du moins réalisées.

Enfin, à en juger par la courbe hypsographique, il resterait encore une surface océanique immergée (les actuels fonds de plus

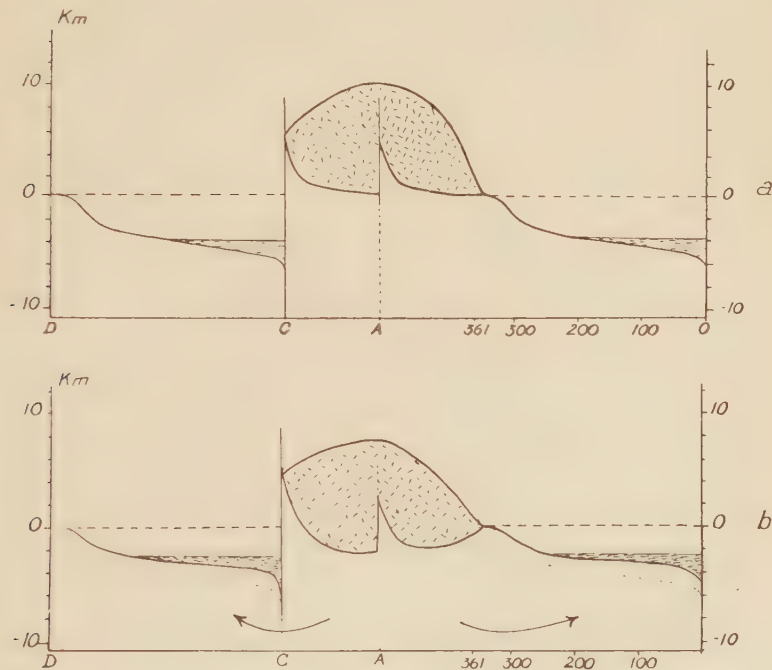


FIG. 1. — Inlandsis généralisés.

A : compte non tenu des réactions isostatiques. — B : compte tenu des réactions isostatiques.

En ordonnées : altitudes actuelles en kilomètres ; en abscisses (km) : courbe hypsographique AO répétée en CA et DC pour montrer une disposition relative différente des terres et des mers.

Traits horizontaux : océans ; traits en tous sens : inlandsis ; $\rightarrow$: sens (mais non profondeur) des courants profonds compensateurs.

de 4 000 m) de l'ordre de 210 millions de km^2 , et même de 220 ou 230 pour tenir compte de la moindre courbure due au relèvement isostatique ; par rapport à la surface d'évaporation actuelle, qui est de 361, la différence n'est pas énorme, et on peut penser que l'alimentation des inlandsis, en neige, serait réalisable.

Naturellement, une foule d'autres causes, climatiques ou autres, pourraient empêcher la formation de tels inlandsis généralisés et, si ceux-ci se sont jamais formés, en ont en fait provoqué la destruction, puisqu'ils n'existent plus.

Mais se sont-ils jamais réalisés ? La chose n'est pas impossible. La glaciation éocambrienne a été incomparablement plus étendue que la quaternaire ; on la connaît sous l'équateur. Et quant aux régressions profondes, elles contribueraient à expliquer les canyons sous-marins, creusés jusqu'à 2 200 m et plus, et les autres formes de reliefs présumées subaériennes, aujourd'hui immergées, comme les guyots, ou les plaines de l'Atlantique nord : elles seraient les traces de très anciennes régressions glacio-eustatiques précambriennes. Les unes et les autres sont d'ailleurs compatibles avec d'autres effets, comme la compensation isostatique érosion-sédimentation, et la flexure continentale.

Pour les canyons, Shepard déjà avait proposé l'hypothèse d'une régression glacio-eustatique, mais quaternaire. Fouet et moi [1950] avions objecté que la très forte augmentation de salure correspondante aurait été incompatible avec la survie d'une foule d'espèces aujourd'hui existantes, comme les Coraux. Pour l'Éocambrien, l'objection n'est pas gênante, au contraire : on sait combien les fossiles y sont rarissimes.

Enfin, l'amplitude de glaciation et de régression a été envisagée ici dans un cas extrême : à certaines époques, elle a pu être plus faible, intermédiaire entre ce cas et celui du Quaternaire.

Au total, à la lumière des données actuelles, on voit que l'hypothèse d'inlandsis généralisés, avec régressions profondes, à certaines époques du Précambrien notamment, n'est pas absurde. Il est permis au géologue et au géophysicien de l'envisager. L'avenir dira si elle a en fait correspondu à une réalité ou non.

BIBLIOGRAPHIE

- AHLMANN H. W. (1953). — Glacier variations and climatic fluctuations. *Amer. Geogr. Soc.*, Bowman Mem. Lect., 3 s., 51 p., 11 fig., 4 pl.
- ANTEVS E. (1928). — The last glaciation. *Am. Geog. Soc. Res. Ser.*, n° 17, 292 p., 30 fig., 9 pl.
- (1929). — Quaternary marine terraces in nonglaciated regions and changes of level of sea and land. *Am. Journ. Sc.*, vol. 17, p. 35-49.
- ARAMBOURG C. (1952). — Eustatisme et isostasie. *C. R. Ac. Sc.*, t. 234, p. 226-227.

- BAUER A. et HOLTZSCHERER J.-J. (1954). — Contribution à la connaissance de l'inlandsis du Groenland. Publ. Exp. pol. fr., Paris, 58 p., 41 fig.
- BLANC A. C., SETTEPASSI F. et TONGIORGI E. (1953). — Excursion au lac de Massaciuccoli. 4^e Congr. INQUA, Rome, Pise.
- BOURCART J. (1952). — Les frontières de l'Océan. Paris, Albin Michel, 320 p., 77 fig.
- CAILLEUX A. (1942). — Les actions éoliennes périglaciaires en Europe. *Mém. Soc. géol. Fr.*, nouv. sér., t. XXII, n° 46, p. 1-176, 27 fig., 5 pl.
- (1952). — Premiers enseignements glaciologiques des Expéditions polaires françaises. *Rev. Géomorphol. dyn.*, t. 3, n° 1, p. 1-19, 4 fig.
- DALY R. A. (1929). — Swinging sea-level of the ice age. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, vol. 40, p. 721-734.
- (1934). — The changing world of the ice age. 271 p., New Haven, Yale Univ. Press.
- DUBOIS G. (1931 a). — Données numériques relatives aux glaciations quaternaires. *Bull. Ass. Amicale Inst. Sc. géol. Strasbourg*, p. 30-36.
- (1931 b). — Essai statistique sur les états glaciaires quaternaires et les états correspondants du niveau marin. *Ann. Géogr.*, t. 40, p. 655-658.
- FLINT R. F. (1947). — Glacial geology and the pleistocene epoch. New York, Wiley a. Sons, 589 p., 88 fig., 6 pl.
- FOUET R. et CAILLEUX A. (1950). — Mécanisme de la submersion profonde des reliefs originellement subaériens. *C. R. Ac. Sc.*, t. 231, p. 978-980.
- GODWIN H. (1943). — Coastal peat beds of the British Isles and the North Sea. *Journ. Ecol.*, vol. 31, p. 199-247.
- GUILCHER A. (1950). — Cours d'océanographie. Paris, Centre Document. univ., 2 vol., 235 p., 77 fig.
- HEINZELIN DE BRAUCOURT J. (1953). — Les stades de récession du glacier Stanley occidental. *Explor. Parc Nat. Albert*, 2^e sér., fasc. 1, 25 p., 3 fig., 3 pl.
- JUKES-BROWNE A. J. (1892). — The building of the British Isles : a study in geographical evolution. London, 465 p.
- KLEBELSBERG R. v. (1948-49). — Handbuch der Gletscherkunde und Glacialgeologie. Wien, Springer, 2 vol., 1028 p., 93 fig.
- KUENEN Ph. H. (1950). — Marine geology. New York, Wiley a. Sons, 568 p., 246 fig., 2 pl.
- PENCK (1933). — Cité in KLEBELSBERG (1948-1949), p. 472.
- PFANNENSTIEL M. (1933). — Die eiszeitlichen Schwankungen des Mittelmeerspiegels im Raume des Nildeltas. 4^e Congr. INQUA, Rome, Pise.
- RAMSAY W. (1930). — Changes of sea-level resulting from the increase and decrease of glaciations. *Fennia*, vol. 52, n° 5, 62 p.
- ROMANOVSKY V. et CAILLEUX A. (1953). — La glace et les glaciers. Paris, Presses univ., 118 p., 20 fig.
- RUSSELL R. J. (1942). — Geomorphology of the Rhône delta. *Assoc. am. geogr. Annals*, vol. 32, p. 149-254.

- VEATCH A. C. et SMITH P. A. (1939). — Atlantic submarine valleys of the United States and the Congo submarine valley. *Geol. Soc. amer. Spec. Papers*, n° 7, 101 p.
- WEGMANN C. E. (1939). — Einleitung zur Vortragsreihe über die Geologie von Grönland. *Mitt. naturf. Ges. Schaffhausen*, Bd. 16, p. 29-46, 1 fig.
- YOSHIKAWA TORAO (1953). — Continental shelves around the japanese islands. 4^e Congr. *INQUA*, Rome, Pise.
-



G. Duboeuf

1890 - 1953

GEORGES DUBOIS

(1890-1953)

PAR **Pierre Pruvost**¹.

UN PORTRAIT.

Le 2 octobre 1953, la mort saisissait brutalement notre confrère Georges Dubois, à son poste, dans la chaire de Géologie de Strasbourg, au moment où s'ouvrait une nouvelle année universitaire, c'est-à-dire, pour le professeur qu'il était, en la saison pleine de promesses où le maître accueille une nouvelle promotion de jeunes étudiants et fait avec eux des projets dans l'espérance et dans la joie. Justement ces projets, il les exposait, avec allégresse, à son ancien condisciple de l'Université de Lille, à qui l'unissait une amitié fidèle et à qui échoit, en ce moment, la pieuse mission de retracer son œuvre. Il le faisait en une lettre émouvante écrite la veille du jour où une congestion cérébrale allait le terrasser et ses yeux n'ont pu lire la réponse que le courrier suivant lui apportait.

* *

Si Georges Dubois est devenu professeur, c'est qu'il avait été formé dans le respect de cette fonction. Son père était instituteur à Armentières, aux confins de la Flandre française, et c'est là qu'il naquit le 10 septembre 1890.

L'instituteur, transféré à Lille, eut son fils comme élève. Puis, lorsque le jeune homme aborda le lycée, l'exemple et les conseils paternels n'ont cessé d'inspirer ses projets d'avenir. Ses succès au baccalauréat, puis à l'Université de Lille, où il entra en 1908 pour y préparer la Licence ès Sciences naturelles, apportèrent la joie au foyer familial, le père voyant avec fierté son fils unique gravir d'autres échelons que lui-même dans la hiérarchie universitaire. Licencié ès Sciences en 1910, diplômé d'Études supérieures en 1912, plusieurs fois lauréat de la Faculté, boursier d'agrégation la même année, G. Dubois fut profondément marqué dans sa formation scientifique par l'influence de son maître Ch.-Eug. Ber-

1. Notice lue à la séance du 31 mai 1954.

trand, le botaniste lillois qui exigeait de ses élèves une rigueur totale dans l'observation. Mais ce sont ses maîtres géologues, Jules Gosselet et Ch. Barrois, qui sont responsables de son orientation vers la géologie. Dès le temps des études de licence, il les accompagnait dans leurs tournées sur le terrain. En octobre 1913, il interrompit ses études pour le service militaire. Une grave maladie qu'il y contracta entraîna sa réforme et son renvoi dans ses foyers quelques semaines avant que déferlât sur Lille l'invasion allemande. Rétabli un an après, il se met au service des ambulances civiles pendant l'occupation et, dans ce but, entreprend en même temps ses études médicales ; elles sont interrompues, après 14 inscriptions, par l'évacuation des prisonniers civils et militaires alliés, qu'il accompagne lors de la retraite allemande de 1918.

Au retour, il reçoit un poste d'Assistant (on disait alors Préparateur) à la Faculté des Sciences de Lille, auprès du titulaire de la chaire de Paléobotanique, Paul Bertrand, ceci à la rentrée scolaire de 1919.

Charles Barrois avait remarqué les qualités d'observateur scrupuleux et l'esprit critique de celui qui avait été en 1910 un de ses brillants élèves de licence. Aussi, lorsque G. Dubois sollicite en 1919 un sujet de thèse de son Maître, celui-ci n'hésita point à lui confier la révision des formations quaternaires du Nord de la France. L'entreprise était délicate, car pour résoudre les problèmes qu'avait laissés ouverts l'œuvre descriptive si poussée de J. Ladrrière, en Flandre et Thiérache, et surtout les admirables travaux de V. Commont en Picardie, il fallait posséder, en plus de dispositions naturelles à l'analyse et aux confrontations intelligentes, également l'énergie morale nécessaire pour persévérer et tenter d'aller plus loin que ses prédécesseurs, à travers les difficultés d'une telle recherche.

Après cinq années de travail assidu sur le terrain et au laboratoire, G. Dubois soutenait à Lille, en 1924, une thèse « Sur les terrains quaternaires du Nord de la France » [44] ⁽¹⁾. Elle fut très remarquée et valut à son auteur l'année suivante le Prix Victor Raulin de l'Académie des Sciences et en 1926 le prix Viquesnel de notre Société.

Depuis trois ans, il assurait à Lille l'enseignement de la Paléontologie, comme Chargé de Conférences, lorsqu'en 1927 il fut nommé Chargé de Cours dans la chaire de Géologie générale et Géographie physique de la Faculté des Sciences de Lille, en suppléance de Maurice Leriche, détaché à Bruxelles. Mais l'année suivante, le

1. Les chiffres entre crochets renvoient à la liste des publications (p. 266).

1^{er} avril 1928, il était appelé par l'Université de Strasbourg à la succession de Maurice Gignoux, dans la chaire de Géologie. En réalité, cette succession n'était pas directe puisque Ernest Chaput y avait fait un bref interrègne d'un an, mais Maurice Gignoux avait marqué à Strasbourg une telle empreinte que l'éclat dont brillait la chaire était bien celui dont notre grand confrère l'avait dotée. Après E. Chaput, c'était donc à G. Dubois que l'Université de Strasbourg faisait confiance en lui attribuant ce poste. Heureusement pour lui, près de vingt années de formation et de sérieux apprentissage de l'enseignement supérieur dans l'Université lilloise l'avaient préparé à devenir à son tour chef d'école; pendant un quart de siècle, il allait diriger le beau laboratoire de la rue Blessig, former excellemment de jeunes géologues, inspirer des chercheurs, orienter ses propres travaux et les leurs vers l'histoire géologique de la plaine d'Alsace et des Vosges et surtout y fonder un centre spécialisé dans les méthodes d'études des formations quaternaires. Ce fut une œuvre patiente et continue, solide et efficace, accomplie avec ardeur, mais silencieusement, sans réclame, et il aura fallu sa brutale interruption pour que ceux qui n'avaient pu l'observer directement, en apprécient toute la valeur. Nous allons tenter de la résumer.

*
* *

Ses observations de géologie régionale se partagent entre le Nord de la France, son pays d'origine, et l'Alsace, son pays d'adoption. Elles couvrent toute l'étendue de l'échelle des terrains depuis les formations paléozoïques du Nord de la France [3, 16, 12] et plus tard celles des Vosges, où il découvrira, puis décrira avec P. Corsin, dans la vallée de la Bruche, une flore dinantienne à Champenay [113, 124, 136], une flore dévonienne à Schirmeck [127], jusqu'aux formations les plus récentes, quaternaires ou actuelles, dont il s'affirmera dans la suite le spécialiste français de sa génération.

A ses débuts dans la recherche, il s'était exercé à préparer, à déterminer et à décrire les restes de Rongeurs, Carnivores, Herbivores recueillis dans le loess [4, 5, 6, 8, 11, 52, 62, 63, 74, 79, 81, 85] ou dans la tourbe [8, 10, 18, 37, 49, 60, 78]. Mais la découverte de fossiles [13, 25, 29] dans l'argile des Flandres, si avare de tels documents, l'avait orienté aussi vers une étude de l'Éocène de la Flandre [10, 13, 14, 25, 27, 29, 50, 80, 100] et de la Picardie [21, 26, 28, 30, 31]. Il en a publié des coupes qui demeureront de fort précieux documents à cause du caractère éphémère des affleure-

ments. Une quinzaine de mémoires, s'échelonnant jusqu'en 1929, évoquent ainsi dans sa carrière de géologue, grâce à l'argile yprésienne, le sous-sol de Haute-Flandre où il avait vu le jour.

De là, il descendit sur les plaines maritimes flamande et picarde, portant inlassablement en bandoulière la petite sondeuse à main qui devait suppléer au défaut de coupes naturelles, observant sur les plages, grâce aux tempêtes d'équinoxe, les effets des forces actuelles [24, 39, 51, 68, 69] et reconstituant, grâce aux documents historiques [76, 89, 98], les déplacements des lignes de rivage. Devenu Strasbourgeois, il n'abandonnera jamais complètement la Flandre, où il aime à revenir l'été et à conduire ses étudiants alsaciens sur les lieux dont il connaît si bien le passé géologique. Jusqu'en 1946, il continuera à publier sur le pays flamand, alors que depuis près de vingt ans il s'était tourné avec ardeur vers les problèmes de la géologie alsacienne.

Son œuvre de géologue en Alsace, si marquée qu'elle soit par son orientation vers les formations quaternaires et modernes [141, 171, 198, 213, 222, 242], est nuancée d'un certain éclectisme et s'étendra à l'ensemble de l'histoire géologique de la région.

Les formations du socle ancien des Vosges [113, 124, 127, 130, 136, 146, 214] ont retenu, avons-nous dit, son attention, de même que, au passage, leur recouvrement permien [211], ou encore le mode de gisement de certains granites hercyniens [259]. A la tectonique du champ de fractures de Saverne [194], des collines sous-vosgiennes [257] ou du versant lorrain des Vosges [253], il a consacré, chemin faisant, de solides études. Les applications de la géologie à la mise en œuvre des forces hydrauliques, à l'exploitation des eaux souterraines ou à l'agriculture, lui ont donné l'occasion de décrire, par exemple, l'histoire du Lac Noir [119, 137], d'étudier les problèmes de l'alimentation en eau potable de l'Alsace [236, 250] ou la genèse des riches sols de cette province [247, 249].

Le Trias vosgien a été l'objet de sa part d'une analyse stratigraphique minutieuse [233, 238, 245, 254]. Une comparaison générale avec l'ensemble de ces formations dans la cuvette germanique l'amène à constater que l'emploi courant des termes allemands classiques : Keuper, Muschelkalk et Buntsandstein, et de leur traduction française, engendre des erreurs de raccord, le Grès bigarré des français ne correspondant qu'au Buntsandstein supérieur des allemands, les Marnes irisées ou Keuper français n'étant l'équivalent que du Keuper moyen allemand. Pour éviter ces inconvénients, il propose une classification du Trias germanique occidental dont la terminologie s'inspire des règles de nomen-

clature des étages géologiques. Il désigne chaque subdivision par la localité où elle est typiquement représentée, en accolant le suffixe *ien* à ce vocable : par exemple *Pérounien* pour l'argile de Péronne (anhydrit groupe), *Frédéricien*, pour le Hauptmuschelkalk ou calcaire de Friedrichshall. Quinze termes nouveaux sont ainsi définis. Certes, l'on peut penser qu'une subdivision aussi poussée n'est pas applicable en dehors de la cuvette germanique, alors qu'une nomenclature de ce genre, à terminaison univoque, est destinée à un usage plus généralisé. Elle n'atteint son but que si on la limite aux divisions majeures. A ce point de vue, la stratigraphie devra retenir de ce travail l'observation importante qui l'a inspiré, à savoir que « le mot Trias n'a d'autre valeur que celle d'une vénérable ancienneté ». En effet, G. Dubois a très justement reconnu que le Trias typique de la cuvette germanique se divise plus logiquement en deux qu'en trois termes : il oppose à un Trias inférieur gréseux, ou *Vogésien*, d'origine *continentale*, qui correspond au Grès des Vosges son Savernien et au Grès bigarré à *Voltzia* son *Vaslénien*, de caractère limnique, un Trias supérieur marno-calcaire ou *Nicérien*, d'origine *marine et lagunaire*. Ce dernier comporte lui-même une série inférieure plus franchement marine, le *Franconien*, avec deux cycles (celui du Wellenkalk et celui du Haupt Muschelkalk) et une série supérieure, lagunaire, le *Duésien*.

Et de fait, ce *Nicérien*, subdivisé en 4 sous-étages, devient d'une corrélation moins incommode avec les 4 étages supérieurs du Trias alpin entièrement marin.

De la région alsacienne, enfin, G. Dubois a retracé, à plusieurs reprises, l'histoire géologique générale, en une série de brochures [131, 143, 173, 241] où il a rassemblé la documentation ancienne et les acquisitions récentes de la stratigraphie. Le dernier de ces ouvrages [267], destiné à la collection de géologie régionale de la France, publiée par notre confrère l'abbé A.-F. de Lapparent, était en cours d'achèvement lorsque la mort l'a surpris.

Mais dans cet ordre d'idées, c'est surtout son œuvre à la direction du Service de la Carte géologique d'Alsace et de Lorraine, qu'il convient de rappeler. Succédant à Em. de Margerie à partir de 1934, il a continué la publication régulière du *Bulletin* de ce Service ; il a rédigé annuellement un compte rendu de son activité [140, 144, 149, 157, 169] et donné un commentaire de la Carte géologique murale de l'Alsace et de Lorraine [228]. Mais surtout il s'est employé, en accord avec le Service de la Carte géologique de France, à combler dans la collection générale des cartes au 80 000^e et au 320 000^e de la France, le vide qu'y avaient laissé le territoire

des provinces annexées en 1870. Cette œuvre importante a été menée au terme : les feuilles de Saverne, de Wissembourg, de Lauterbourg et de Sarrebourg et leurs notices explicatives [239, 255, 256, 258] sont parues, et celles de Sarreguemines, Strasbourg, Colmar et Mulhouse sont en cours d'élaboration, grâce aux collaborateurs actifs dont il s'est entouré [261, 263, 265, 266]. En tout, huit feuilles au 80 000^e, plus celle de Strasbourg-Mulhouse au 320 000^e [264]. Si nous ajoutons à cet ensemble la feuille de Calais-Dunkerque [176] et la partie de celle de Boulogne correspondant à la plaine maritime [94], nous nous trouvons en face d'une œuvre cartographique considérable et utile accomplie au service de la géologie française.

Dès son arrivée à Strasbourg, G. Dubois s'était assigné la tâche de reprendre et de poursuivre l'activité régionale des géologues alsaciens, tels que Louis Voltz, Auguste Daubrée, Guillaume Schimper, qu'il admirait, dont il s'inspirait, et auxquels il a d'ailleurs dédié, en 1938, une fort intéressante étude dans la *Revue d'Alsace* [165]. On doit lui rendre cet hommage qu'il a parfaitement rempli cette mission.



C'est dans le domaine de la géologie qui concerne les temps quaternaires et modernes que G. Dubois aura apporté sa contribution très personnelle et la plus importante. Il s'y est affirmé, dès 1924, par la publication de ses « Recherches sur les terrains quaternaires du Nord de la France » [44]. C'est, dit-il lui-même dans l'introduction de ce mémoire, « un travail d'ensemble basé sur les méthodes stratigraphiques ordinaires ». Précisément, son originalité consistait à encadrer, pour la première fois en ce qui concerne la région étudiée, les observations fournies par les séries continentales déjà connues, tant des limons que des alluvions fluviales, dans la trame solide que pouvait fournir la connaissance des formations marines, avant lui assez délaissées. C'est pourquoi son étude consiste d'abord en une monographie des dépôts de la Flandre maritime ; elle s'étend ensuite à leur comparaison, d'une part avec ceux de la région atlantique, Picardie, Normandie, Bretagne et Poitou, d'autre part avec ceux du Danemark. Les oscillations du niveau marin une fois bien analysées dans ces deux domaines, atlantique et Mer du Nord, elles sont enfin raccordées aux dépôts des vallées et aux nappes de limons.

Ceci aboutit à la définition de l'étage *Flandrien*, terme repris de Rutot et Van den Broeck (1885). Nous devons à G. Dubois de

l'avoir défini de façon précise et de lui avoir acquis droit de cité, comme étage, dans la nomenclature stratigraphique de l'Europe occidentale. Le Flandrien comprend, écrit-il, « l'ensemble des couches formées lors du dernier grand cycle sédimentaire reconnu dans les Flandres et il correspond à l'Après-glaciaire du Quaternaire danois ».

Il subdivise son Flandrien en 3 assises : 1^o) l'*assise d'Ostende* (sables pissards) qui correspond à la transgression marine inaugurant le Flandrien ; 2^o) l'*assise de Calais*, trace d'un mouvement négatif, marqué par le dépôt de la tourbe néolithique, à la surface de laquelle on observe un sol gallo-romain ; 3^o) l'*assise de Dunkerque*, enfin, qui, avec le dépôt de l'argile des Polders, souligne une nouvelle montée du niveau marin.

Revenant sur la question en 1928 [92], à l'occasion d'une réunion internationale à Copenhague, puis en 1930, dans le Livre jubilaire de notre Société, où il brosse le « Tableau de l'Europe flandrienne » [106], il enrichit le Flandrien en y joignant à la base le Tardiglaciaire Daniglacial et Gotiglacial), c'est-à-dire les dépôts de la mer à *Yoldia*. Cette retouche fait débiter le Flandrien avec la transgression marine sur le lac baltique, avec le réchauffement général du climat et l'apparition chez nous des premiers sols forestiers (15^e ou 20^e millénaire avant notre ère). En 1931, à l'occasion d'un colloque organisé par l'Académie des Sciences d'Ukraine [122], il repousse même la base du Flandrien jusqu'aux environs du 50^e millénaire, c'est-à-dire que sa limite inférieure coïncide avec le sommet du Monastirien. Ainsi, progressivement, dans la pensée de G. Dubois, le Flandrien est devenu synonyme d'Holocène, puisqu'il comprend tout ce qui est postérieur à la glaciation würmienne. Ce Flandrien, au sens large, est un étage tripartite dont les 3 termes sont soulignés par une oscillation positive des mers (l'inférieur, inconnu en Flandre, est représenté par les dépôts de la mer à *Yoldia* ; le moyen est l'assise d'Ostende ; le supérieur l'assise de Dunkerque). Ces pointes marines sont encadrées par des périodes de régression : la première, celle du lac baltique (— 40 000, — 50 000 ans), est en liaison avec la fin du dernier grand refroidissement, le Würmien, qui marque le sommet de notre Pléistocène ou Quaternaire. La seconde est celle du lac à *Ancylus*, entre Flandrien inférieur et moyen. La troisième est celle de la tourbe néolithique (assise de Calais) entre Flandrien moyen et supérieur.

Comme G. Dubois l'a fait observer, il manque à ce Flandrien, terme ultime de la chronologie géologique, et pour parachever ce cycle actuel, le grand mouvement de régression marine, peut-être amorcé, dit-il, mais pas très activement, et qui vient en finale de

chacune de nos unités stratigraphiques pour toutes les grandes périodes précédentes.

Ainsi l'harmonie de nos « systèmes » permettrait d'être optimiste, relativement à la menace d'une fin prochaine du globe. Et pourtant, rien ne nous garantit désormais que ce cycle flandrien s'achèvera normalement. Il peut advenir, en effet, que la planète termine sa carrière, non par mort naturelle, mais par accident brutal, si l'homme une seconde fois rebelle, non plus aux lois divines comme à son origine, mais plus simplement aux lois de la nature, goûtait le fruit défendu que lui offre le développement vertigineux de ses techniques.

C'est donc bien dans l'un des domaines les plus captivants de l'histoire de la Terre, où la Géologie et la Préhistoire viennent donner la main à l'Histoire tout court, que G. Dubois a enrichi sérieusement nos connaissances. Pour cela, il s'est farouchement cantonné dans l'observation positive, et c'est seulement à deux reprises, d'abord, ici même en 1925 [156], puis à une autre occasion, celle que lui offrait, en 1946, la Session extraordinaire des Sociétés géologiques belges [221], qu'il s'est évadé vers les grands concepts théoriques. Avec quelle circonspection, on en jugera par cet extrait : « Si le glacio-eustatisme suffit à expliquer les régressions et transgressions successives au cours du Quaternaire, il ne peut expliquer à lui seul l'étagement des lignes de rivage à des hauteurs décroissantes du Pliocène à nos jours. Il faut faire intervenir... soit un eustatisme plus général, soit des surrections crustales également générales [221, p. 297] ». C'est dire que délibérément il ne prend point partie entre les deux théories extrêmes : eustatisme ou isostasie.

* * *

En réalité, la marque de son œuvre est qu'il a appliqué au Quaternaire, comme il l'a annoncé dès le début, les méthodes classiques de la géologie. Il l'a fait avec discipline et avec maîtrise. Ce qui ne l'a point empêché de faire aussi œuvre de véritable pionnier en frayant la voie à des procédés nouveaux d'investigation. Je veux parler surtout de sa contribution personnelle à l'étude des pollens fossilisés dans les sédiments et en particulier dans les tourbes, méthode qui, ces dernières années, a conquis, en stratigraphie, sa place autonome, sous le nom de *palynologie*.

Dès 1924, il s'était intéressé aux pollens des tourbes [43] et aux études micropaléontologiques que ces sédiments permettaient [65, 67, 72, 88, 103, 132]. En 1932, averti des premiers essais réalisés par les spécialistes de Scandinavie, il lance dans l'*Anthropologie*

une sorte d'appel général [125] sur les applications possibles des analyses polliniques ; il préconise l'établissement de « spectres polliniques » révélant l'évolution de la végétation forestière au cours de la formation d'une tourbière et souligne l'intérêt de comparer ces diagrammes en des lieux divers pour rechercher si des lignes générales ne se peuvent dégager, relatives par exemple aux variations du climat pendant le Flandrien. Les résultats d'ensemble seront d'autant mieux établis qu'ils seront déduits de façon convergente de sources diverses : palynologie, préhistoire, botanique forestière.

Il se met à l'œuvre, définit les méthodes, s'entoure à Strasbourg de collaborateurs et d'élèves. Une première thèse, celle de J. P. Hatt, sur les tourbières du NE de la France, conçue dans cet esprit, sort en 1937 de son laboratoire. Plusieurs autres ont suivi et, comme cette branche de la sédimentologie est l'une des rares, parmi les Sciences de la Terre, qui soient ouvertes, sans restrictions, au tempérament féminin, l'équipe de palynologie de Strasbourg sera surtout composée des meilleures étudiantes de cette Faculté.

Parmi ces collaborations, il convient ici de souligner la principale, celle que lui apporta M^{me} Camille Dubois, son ancienne élève de licence à Lille, avec qui il fonda un foyer très heureux, vite illuminé par l'arrivée de trois enfants. A partir de 1933, dès que les soucis maternels permirent à M^{me} C. Dubois de se consacrer à la recherche scientifique, il s'établit, entre époux, une collaboration orientée vers les études pollen-analytiques. Successivement, paraissent des notes portant leur double signature et qui couvrent peu à peu l'ensemble des tourbières françaises : celles d'Alsace et des Vosges [107, 109, 158, 159, 167, 226, 243, 251], du Jura [185], de la Flandre [174, 215], de Picardie [145], de l'Ile-de-France [138, 152, 156], de Normandie [164, 182, 183], de Bretagne [133, 142, 160, 207], de Charente [248], d'Aquitaine [163, 178], du Massif Central très largement exploré, de 1942 à 1945 lors du repli de l'Université de Strasbourg à Clermont-Ferrand [180, 186, 188 à 193, 197, 200 à 202], des Alpes [166, 177] et des Pyrénées [187, 212, 234] sont rigoureusement étudiées avec les mêmes procédés de prélèvement et de traitement afin d'en rendre les résultats comparables. A part deux incursions dans les tourbes très lointaines du Togo [172] et des îles Kerguelen [229], cette prospection, qui représente un énorme labeur, était donc consacrée à l'histoire de la végétation forestière flandrienne sur le territoire français. Les résultats d'ensemble ont été dégagés progressivement : d'abord dès 1932 [126, 161, 175], puis entre 1945 et 1947 [203, 204, 206,

210, 217, 220, 223] où apparaissent les premières conclusions générales sur les oscillations climatiques rassemblées l'an dernier [261] par notre confrère devant le 4^e Congrès de l'INQUA à Rome.

D'abord, on peut distinguer deux faciès « paléosilvatiques » en France qui s'établissent nettement à partir du Flandrien moyen, un faciès de montagnes et un faciès des plateaux, des collines et des plaines. Compte tenu de ce fait, on peut retracer une histoire forestière très générale, à partir du 10^e millénaire avant notre ère et qui est commune à la France et à la Scandinavie.

Dans nos basses et moyennes montagnes, cette histoire débute par une phase marquée par l'association Saule-Pin-Bouleau. Puis vient, avec l'envahissement par le Coudrier et l'établissement de la Chenaie mixte (Chêne et Hêtre), et en coïncidence avec le Flandrien moyen (— 6000, — 3 000), c'est-à-dire avec la transgression de l'assise d'Ostende et de la mer à Littorines, une période d'« optimum de température », période dite atlantique, correspondant grossièrement aux temps néolithiques. Vers les ans 3000 vient enfin la Fagabietaille avec le Sapin associé au Chêne, au Hêtre et à l'Aulne, le climat étant devenu un peu moins chaud.

Ce fut, pour notre regretté confrère, la joie des dernières semaines de sa vie que d'avoir constaté, à ce Congrès de Rome, à la fois quel intérêt soulevaient à l'étranger les études de palynologie et combien s'affirmait à l'extérieur la réputation de l'équipe strasbourgeoise qu'il avait formée. En France, comme il advient parfois, les milieux scientifiques intéressés avaient réagi à ces nouveautés avec un certain retard, mais déjà G. Dubois aura pu voir avec satisfaction l'Institut français du Pétrole créer un service de pollenanalyse et en confier la mise en route à l'un des jeunes spécialistes que sa femme et lui-même avaient formé.

De cette harmonieuse collaboration entre époux dans le domaine des Sciences de la Terre nous enregistrons parfois de touchants exemples. Celui-ci est d'autant plus émouvant que la brutale séparation que nous déplorons ne l'aura interrompue qu'en apparence. Avec un grand courage que nous admirons, M^{me} Camille Dubois s'emploie à terminer l'œuvre cartographique de notre regretté confrère [262 à 266], de même que son livre sur la géologie de l'Alsace [267] ; et l'on peut penser que, grâce à elle et aux collaboratrices de son mari, l'enquête générale de palynologie française menée à Strasbourg y sera continuée.

Tous ceux d'entre nous qui ont visité le Laboratoire de Géologie de Strasbourg, ces dernières années, ont été frappés de l'ambiance profondément humaine que G. Dubois y avait créée. Le professeur avait trouvé d'instinct les voies par lesquelles un universitaire marque de son empreinte les générations qui lui sont confiées. Sa bonhomie naturelle, son abord bienveillant, sa bonté, l'entraînaient à s'intéresser non seulement au travail de ces jeunes gens, mais à leur personnalité et aux problèmes que la vie leur pose. Ainsi s'établissent entre maître et étudiants des rapports de confiance qui n'excluent point l'autorité, mais la rendent plus féconde. G. Dubois a rempli sous ce rapport excellemment la mission qui échoit au professeur.

Il a de plus montré par l'exemple ce que doit être plus spécialement l'enseignement de la géologie : il faut avant tout l'accrocher au terrain et la chaire d'un tel professeur se trouve dans la nature plutôt qu'à l'amphithéâtre. Aussi, quand ses élèves parlaient de lui, c'était toujours pour l'évoquer le marteau à la main. Nous en avons eu d'ailleurs le témoignage solennel : en leur nom, notre confrère, devenu à Strasbourg son collègue, M. Jean Rothé, a rappelé tout ceci de façon émouvante au moment où allait se refermer sa tombe. Et il ajoutait : « Pendant vingt-cinq ans, il a vécu en Alsace, pour l'Alsace, et, de cela aussi ses élèves lui étaient infiniment reconnaissants. L'Alsace perd un de ses bons serviteurs. Cet amour pour notre petite patrie, il l'avait manifesté aux heures claires comme aux heures sombres, ... ». De sa foi indéfectible en la destinée de la France, comme de celle de tous les universitaires repliés de Strasbourg pendant l'occupation, nous avons alors, à Clermont-Ferrand, pu mesurer la fermeté et l'ardeur. C'était une des sources où s'alimentait notre espérance.

A notre Société, il a apporté une collaboration fidèle. Depuis 1925, on compte 45 notes ou mémoires de lui, parus dans nos publications. Il avait été notre lauréat en 1926 et notre vice-président en 1946. A l'Étranger, des Sociétés savantes l'avaient nommé membre d'honneur, par exemple la Société belge de Géologie et la Société de Géographie de Leningrad.

Par contre, sa modestie l'a peut-être privé, en France, de certains honneurs officiels qui, maintenant que tout est consommé, nous paraîtront superflus. Il a rempli sa tâche, sans bruit, mais avec un dévouement total. A côté de l'œuvre scientifique solide qu'il a réalisée, c'est une autre leçon, muette, mais éloquente, qu'il nous transmet.

LISTE DES PUBLICATIONS DE G. DUBOIS

1911. 1 — Sur une coupe des alluvions de la Deule aux environs d'Hau-
bourdin. *Ann. Soc. géol. Nord*, t. 40, p. 143-145.
1912. 2 — Contribution à l'étude de la constitution des houilles du bassin
du Nord de la France. *Ibid.*, t. 41, p. 147-159.
1918. 3 — (avec Ch. BARROIS et P. PRUVOST) Sur les couches de passage
du Silurien au Dévonien dans le bassin houiller du Pas-de-
Calais. *C. R. Ac. Sc.*, t. 167, p. 705-710.
1919. 4 — Le Lemming à collier à Maubeuge. *Ann. Soc. géol. Nord*, t. 44,
p. 69-81, 2 fig., pl. I.
- 5 — Le Spermophile du Quaternaire de Cambrai. *Ibid.*, t. 44, p. 82-89.
- 6 — Arvicolidés et Léporidés du Quaternaire de Cambrai. *Ibid.*,
t. 44, p. 90-98.
- 7 — Remarques sur la Loutre des tourbières de la région du Nord
de la France. *Ibid.*, t. 44, p. 100-103.
- 8 — Note complémentaire sur le Lemming à collier du Quaternaire
de Maubeuge. *Ibid.*, t. 44, p. 103-106.
- 9 — Note sur quelques caractères physiques et chimiques de la craie
lourde de l'Artois à *Inoceramus Brongniarti*. *Ibid.*, t. 44, p. 164-
179, 1 fig.
1920. 10 — Étude géographique, géologique et agronomique du mont de
Watten. *Ibid.*, t. 45, p. 56-104, pl. A.
- 11 — La faune quaternaire de la base de l'ergeron à Cambrai. *C. R.
Ac. Sc.*, t. 170, p. 850-851.
- 12 — Observations faites à Solre-le-Château sur les couches du Fa-
mennien et de la zone d'Etroeungt. *Ann. Soc. géol. Nord*, t. 45,
p. 130-139.
- 13 — Découverte d'un niveau fossilifère dans l'argile des Flandres à
Watten (Nord). *C. R. Ac. Sc.*, t. 171, p. 248-250.
- 14 — Poissons et Crustacé du gisement fossilifère éocène de Ploeg-
stert et observations sur ce gisement. *Ann. Soc. géol. Nord*, t. 45,
p. 176-178.
- 15 — De quelques plantes médicinales que l'on peut récolter dans les
fortifications de Lille. *La Jeunesse pharmaceutique* Lille, n° 14,
p. 166-167.
- 16 — (avec Ch. BARROIS et P. PRUVOST) Description de la faune
siluro-dévonienne de Liévin (2^e partie et Conclusions générales)
Mém. Soc. géol. Nord, t. VI, n° 2, 2^e partie, p. 67-234, pl. x-xvii.
1921. 17 — Notes géographiques et géologiques sur l'estuaire de la Canche.
Ann. Soc. géol. Nord, t. 46, p. 9-16.
- 18 — Ossements de la tourbe à Haubourdin. *Ibid.*, t. 46, p. 24-261.
- 19 — Deux observations faites au cours d'une excursion à Sangatte
et Etaples. *Ibid.*, t. 46, p. 40-43.
- 20 — Résultats d'une campagne de sondages à travers les terrains
quaternaires et récents du Calaisais (note préliminaire). *Ibid.*,
t. 46, p. 67-78, 1 fig., pl. I.
- 21 — Étude des faciès thanétien et sparnacien du Landénien à Saint-
Josse-sur-Mer et Saint-Aubin. *Ibid.*, t. 46, p. 79-133, 3 fig., pl. II.
- 22 — Terrains quaternaires et modernes. Exploration de la partie

- occidentale de la plaine maritime flamande. *Bull. Serv. Carte géol. France*, C. R. Coll. Campagne 1921, t. 26, n° 146, p. 140-142.
1922. 23 — Modifications apportées à la plage de Sangatte à la suite des tempêtes de décembre 1921. *C. R. Ac. Sc.*, t. 174, p. 235-237.
- 24 — Les tempêtes de novembre et décembre 1921 sur la côte de Sangatte. *Ann. Soc. géol. Nord*, t. 47, p. 11-21.
- 25 — Argile des Flandres inférieure fossilifère au Mont-Hiver. *Ibid.*, t. 47, p. 50-54, 1 fig.
- 26 — Remarques sur une coupe visible à Mont-Saint-Eloy. *Ibid.*, t. 47, p. 77-78.
- 27 — Faune de l'Yprésien inférieur dans le Nord de la France. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 145-146.
- 28 — Compte rendu de l'excursion du 17 juin 1922 à Etaples, Saint-Josse et Saint-Aubin. *Ann. Soc. géol. Nord*, t. 47, p. 83-86.
- 29 — Fossiles de l'argile de Roubaix à Croix. *Ibid.*, t. 47, p. 97-98.
- 30 — Constitution du Sparnacien à Colline-Beaumont (Pas-de-Calais). *C. R. somm. S. G. F.*, p. 174-175.
- 31 — Remarques sur la coupe de la falaise du Crotoy. *Ann. Soc. géol. Nord*, t. 47, p. 114-117.
- 32 — (avec A. DUPARQUE) Les tufs calcaires de la Plaine maritime entre Calais et Guines. *Ibid.*, t. 47, p. 117-132.
- 33 — Fouille en vue de l'installation du séismographe au Laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences de Lille. *Ibid.*, t. 47, p. 161-162.
- 34 — Terrains quaternaires et modernes. Exploration de la partie occidentale de la plaine maritime flamande. II, Région de Guines (f. de Boulogne). *Bull. Serv. Carte géol. France*, C. R. Coll. Campagne 1922, t. 27, n° 151, 7 p.
- 35 — Collaboration à : Les assises crétaciques et tertiaires dans les fosses et les sondages du Nord de la France par J. GOSSELET. Fasc. 5. Étude topographique du soubassement paléozoïque des assises crétaciques et tertiaires dans la région du Nord de la France. *Ét. Gîtes minér. France*, Serv. Topogr. sout., 1 vol., 1922, 121 p., 2 fig., 2 pl. coul. h.-t.
1923. 36 — Présentation d'un travail posthume de J. GOSSELET relatif à la topographie du socle paléozoïque de la région du Nord. *Ann. Soc. géol. Nord*, t. 48, p. 29-34.
- 37 — Remarque sur quelques Rats d'eau fossiles du Nord de la France. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 122-123.
- 38 — Quaternaire marin fossilifère à Colline-Beaumont (P.-de-C.). *Ann. Soc. géol. Nord*, t. 48, p. 140-141.
- 39 — Observations faites au cours d'une tempête dans le Marsk de Ribe. *Ibid.*, t. 48, p. 165-168.
- 40 — Sur la présence de Nummulites silicifiées dans les dépôts quaternaires marins de Paris-Plage. *Ibid.*, t. 48, p. 172-174.
- 41 — Répartition et origine des galets exotiques dans les formations quaternaires marines du Nord de la France. *Ibid.*, t. 48, p. 188-191.
- 42 — Terrains quaternaires et modernes. Exploration de la partie occidentale de la Plaine maritime flamande. III, Région des Attaques. *Bull. Serv. Carte géol. France*, C. R. Coll. Campagne 1923, t. 28.

1924. 43 — Examen pollinique d'une tourbe de Lille. *Ann. Soc. géol. Nord*, t. 49, p. 66-68.
- 44 — Recherches sur les terrains quaternaires du Nord de la France. Thèse Lille, 357 p., 41 fig., 6 pl. *Mém. Soc. géol. Nord*, t. VIII, n° 1.
- 45 — Classification du Quaternaire du Nord de la France et comparaison avec le Quaternaire danois. *C.R. Ac. Sc.*, t. 179, p. 475-477.
- 46 — Remarques au sujet de la découverte du Mammouth en Finlande au Nord des Salpausselkäs. *Ann. Soc. géol. Nord*, t. 49, p. 82-84.
- 47 — Essai d'application au Nord de la France de la géochronologie post-glaciaire de M. De Geer. *Ibid.*, t. 49, p. 120-130.
- 48 — Terrains quaternaires et modernes. Exploration de la partie occidentale de la Plaine maritime flamande. IV, La Plaine basse au Sud des Attaques (f. de Saint-Omer). *Bull. Serv. Carte géol. France*, C. R. Coll. Campagne 1924, t. 29, n° 158, 2 p.
1925. 49 — Affinités et origines du Furet domestique. *La Feuille des Naturalistes*, nouv. sér., n° 11, p. 1-5, fig. 1-2.
- 50 — Documents nouveaux relatifs à l'Yprésien de Watten. *Ann. Soc. géol. Nord*, t. 50, p. 54-55.
- 51 — Notes sur la Plaine de la Lys aux environs d'Armentières et observations sur la nature et l'âge de cette plaine. *Ibid.*, t. 50, p. 97-107.
- 52 — Rongeurs caractéristiques des différents étages du Quaternaire de l'Europe occidentale. *Ibid.*, t. 50, 1925, p. 115-118.
- 53 — Program for Dansk geologisk Forenings Excursion til Nord-Frankrig, 18-24 Juli 1925. I broch., 17 p., 1 fig.
- 54 — Geologisk Oversigt over den vestlige Del af Nordfrankrig (Flandre, Boulonnais of Kysten af la Picardie). Oversagt og med enkelte Tilføjelser af V. Nordmann. *Medd. Dansk geol. Forening*, Copenhagen, Bd. 6, p. 44-56, 1 fig.
- 55 — Sur quelques points de la tectonique du Blanc-Nez. *Ann. Soc. géol. Nord*, t. 50, p. 138-146, 2 fig., pl. VIII.
- 56 — Sur la nature des oscillations de type atlantique des lignes de rivages quaternaires. *B. S. G. F.*, (4), XXV, p. 857-878.
- 57 — Notes complémentaires sur le banc de galets des Pierrettes entre Calais et Sangatte. *Ann. Soc. géol. Nord*, t. 50, p. 190-193.
- 58 — Terrains quaternaires et modernes. Exploration de la partie occidentale de la plaine maritime flamande. V, La région littorale entre Calais et Gravelines (f. de Dunkerque). *Bull. Serv. Carte géol. France*, C. R. Coll. Campagne 1925, t. 30, n° 162, p. 121-123.
1926. 59 — (avec R. DEHÉE) Coupe des terrains traversés par le sondage de Coquelles. *Ann. Soc. géol. Nord*, t. 51, p. 34-41.
- 60 — Révision des os de Castor conservés au Musée Gosselet. *Ibid.*, t. 51, p. 41-50.
- 61 — Dunes et cordons littoraux dans l'agglomération de Calais. *Ibid.*, t. 51, p. 129-136, 1 fig.
- 62 — (avec G. PONTIER) Molaire de Mammouth provenant des limons de la falaise de Sangatte. *Ibid.*, t. 51, p. 171-173, 1 fig., pl. X.
- 63 — Ostéométrie de l'*Ursus arctos* de Beuvry. *Ibid.*, t. 51, p. 174-179.
- 64 — Coupe d'un bord de terrasse à Lambres (Pas-de-Calais). *Ibid.*, t. 51, p. 195-199, 1 fig.

- 65 — Observations sur un échantillon d'alluvion tourbeuse de Lille. *Ibid.*, t. 51, p. 267-271, fig. 1 à 8.
- 66 — L'étude géologique du littoral flamand aux environs de Gravelines. *C. R. Ac. Sc.*, t. 183, p. 795-797.
- 67 — Les noisettes de la tourbe du Nord de la France. *Ann. Soc. géol. Nord*, t. 51, p. 274-280, 1 fig.
- 68 — L'estran devant Gravelines. *Ibid.*, t. 51, p. 281-317, 2 fig.
- 69 — Un recul local du littoral à Loon-Plage. *Ibid.*, t. 51, p. 361-382, 3 fig., pl. XIV.
- 70 — Présentation d'*Aucellina gryphaeoides* Sow. avec test conservé de la gaize de l'Argonne. *Ibid.*, t. 51, p. 394-395.
- 71. — Le Haut-Guemps *Ibid.*, t. 51, p. 397-402.
- 72 — Analyse pollinique du lignite feuilleté d'Uznach (Suisse). *C. R. somm. S. G. F.*, p. 164-165.
- 73 — Terrains quaternaires et modernes. Exploration de la partie occidentale de la plaine maritime flamande. VI, La région littorale entre Gravelines et Fort-Mardyck (f. de Dunkerque). *Bull. Serv. Carte géol. France*, C. R. Coll. Campagne 1926, t. 31, n° 166, p. 121-123.
- 1927. 74 — Os provenant d'une fissure du calcaire vésulien à Ecouché (Orne). *Bull. Soc. linn. Normandie*, 7^e sér., t. 10, p. 7-9.
- 75 — Les cordons littoraux de la Flandre française aux environs de Gravelines. *Bull. Sect. Géogr.* (60^e Congr. Soc. Sav.), p. 53-63, 1 carte.
- 76 — Les déplacements du littoral de la Flandre aux environs de Gravelines. *Journ. Marine march.*, n° 428, p. 921-922, 1 carte.
- 77 — Coupe typique de limons en Champagne pouilleuse. *Ann. Soc. géol. Nord*, t. 52, p. 210-211, 1 fig.
- 78 — Carte de la tourbe de Marquion. *Ibid.*, t. 52, p. 280-285, 5 fig.
- 79 — Notes craniologiques sur quelques espèces de Citelles eurasiatiques. *Ann. Soc. roy. Zool. Belgique*, t. 58, p. 13-30, 7 fig., 5 tabl.
- 80 — Deux fossiles de l'argile des Flandres du Mont-Hiver. *Ann. Soc. géol. Nord*, t. 52, p. 312-315, 1 fig.
- 81 — Additions à la connaissance de la brèche à Lemmings de Maubeuge. *Ibid.*, t. 52, p. 315-322, 3 fig.
- 82 — (avec R. DEHÉE) Coupe dans les alluvions de la Deule à Lille (rue d'Anjou). *Ibid.*, t. 52, p. 328-330.
- 83 — Terrains quaternaires et modernes. Exploration de la partie occidentale de la Plaine maritime flamande. VII, La Plaine entre Marck et Bourbourg (f. de Dunkerque et Saint-Omer). *Bull. Serv. Carte géol. France*, C. R. Coll. Campagne 1927, t. 31, n° 170, p. 66-67.
- 1928. 84 — Les conditions d'exploitation de l'argile téguline yprésienne dans le Nord de la France. *Ann. Soc. géol. Nord*, t. 53, p. 80-90.
- 85 — (avec G. PONTIER) Description de la molaire de lait d'*Elephas primigenius* trouvée à Saint-Druon près Cambrai. *Ibid.*, t. 53, p. 112-115, pl. VI.
- 86 — Discours présidentiel. *Ibid.*, t. 53, p. 171-174.
- 87 — Sur les formations caillouteuses du Ferrain. *Ibid.*, t. 53, p. 244-259, 8 fig.

- 88 — Principales caractéristiques florales de la tourbe du Nord de la France. 61^e Congr. Soc. Sav., p. 92-93.
- 89 — Formations littorales dans la région intérieure du Golfe de l'Aa. *Ibid.*, p. 133-136, 1 carte.
- 90 — (avec R. DEHÉE) Craie et formations superficielles à Saint-Aubin, près Etaples. *Ann. Soc. géol. Nord*, t. 53, p. 276-282, 2 fig.
- 91 — Notice biographique sur René DEHÉE, assistant de Géologie à la Faculté des Sciences de Lille, chef de la Mission géologique au Togo. *Écho des Laboratoires*, n^o 58, p. 26-32.
- 92 — Le Flandrien et la transgression flandrienne de la Manche à la région dano-finno-scandique, C. R. Réun. intern. Géol., Copenhague, p. 189-200, 2 fig., 1 tabl.
- 93 — Terrains quaternaires et modernes de la Plaine maritime flamande. VIII, La plaine entre Bourbourg et Bergues (f. de Dunkerque et Saint-Omer). *Bull. Serv. Carte géol. France*, C. R. Coll. Campagne 1928, t. 33, n^o 176, p. 114-115.
- 94 — Collaboration à la Carte géologique détaillée de la France au 80 000^e, feuille n^o 3, Boulogne, 3^e éd., par P. PRUVOST.
- 95 — Le littoral flamand de Calais à Dunkerque. *B. S. G. F.* (4), XXVIII, p. 509-526, 2 fig.
- 96 — Collaboration au rapport de E. CHAPUT : Les terrasses des régions atlantiques françaises (rapport de la Commission des terrasses pliocènes et pléistocènes). Union géographique internationale, rapport n^o 9, p. 69-94.
- 1929. 97 — Étude du gisement d'argiles à tuiles de la Flandre française. *Rev. Matér. Constr. et Trav. Publ.*, n^o 236, p. 97-101, 2 fig.
- 98 — Blocs et galets exotiques de la Manche et de la Mer du Nord. 62^e Congr. Soc. Sav., 7 p.
- 99 — Remarques sur la faune de Voegtlinshofen (Haut-Rhin). *C. R. somm. S. G. F.*, p. 176-177.
- 100 — Foraminifères de l'Yprésien inférieur argileux à Watten (Nord). *B. S. G. F.*, (4), XXIX, p. 395-399, pl. 34.
- 101 — (avec L. GUILLAUME) Forage à Hochfelden (Bas-Rhin). *Bull. Ass. phil. Als.-Lorr.*, t. VII, fasc. 4, p. 282-286.
- 102 — Terrains quaternaires et modernes de la plaine maritime flamande. IX, L'agglomération dunkerquoise (f. de Dunkerque). *Bull. Serv. Carte géol. France*, C. R. Coll. Campagne 1929, t. 34, n^o 177, p. 88-90.
- 1930. 103 — (avec M. HOCQUETTE) Le Houx de la tourbe de Looberghe (Nord). *Bull. Soc. bot. France*, t. 77, p. 54-58, fig. 1-10.
- 104 — Un kjøkenmødding dans l'argile poldérienne à Cappelle-la-Grande (Nord). *Ann. Soc. géol. Nord*, t. 55, p. 50-56, 2 fig.
- 105 — Les rivages du bassin méditerranéen pendant la dernière glaciation et pendant la transgression flandrienne. *Ass. fr. Avanc. Sc.*, Alger, p. 180-182.
- 106 — Un tableau de l'Europe flandrienne. Livre jubilé. Soc. géol. France, p. 263-277, 1 tabl., 8 cartes.
- 107 — (avec J. P. HATT) Tourbières et modifications forestières post-glaciaires des Vosges moyennes. *C. R. Ac. Sc.*, t. 191, p. 674-675.
- 108 — Le temps absolu en Géologie (confér. faite au cours de la 33^e Assemblée générale de la Soc. philom. à Strasbourg). *Bull. Ass. phil. Als.-Lorr.*, t. VII, fasc. 5, p. 337-350.

- 109 — (avec J. P. HATT) La tourbière du Champ du Feu. *B. S. G. F.*, (4) XXX, p. 1027-1041, 11 fig., pl. LXXV.
- 110 — Excursion en Lorraine et en Alsace. Séances et excursions du Centenaire de la Soc. géol. *Ibid.*, (4), XXX, p. 1283-1287.
- 111 — Données numériques relatives aux glaciations quaternaires. *Bull. Ass. Amic. Inst. Sc. géol. Strasbourg*, n° 1, p. 30-36, 1 fig.
- 112 — Terrains quaternaires et modernes de la plaine maritime flamande. X, Le littoral et les bancs sableux de la plaine entre Dunkerque et la frontière franco-belge (f. de Dunkerque). *Bull. Serv. Carte géol. France*, C. R. Coll. Campagne 1930, n° 179, t. 34, p. 91-94.
1931. 113 — (avec P. CORSIN et L. GUILLAUME) Éléments de flore dinantienne dans le massif schisto-grauwackeux de la Bruche. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 84-85.
- 114 — Les principaux types de limons en France septentrionale. *Rev. scientif.*, n° 13, p. 385-393, 6 fig.
- 115 — Essai statistique sur les états glaciaires quaternaires et les états correspondants du niveau marin. *Ann. Géogr.*, n° 228, p. 655-658.
- 116 — Les méthodes de recherches dans l'étude des anciennes lignes de rivages quaternaires. *Congr. intern. Géogr.*, Paris, rés. commun., p. 28-29.
- 117 — Remarques sur les essais de carte paléogéographique des lignes de rivages quaternaires du littoral de la France. *Ibid.*, t. II, fasc. II, p. 764.
- 118 — Les caractères de l'époque actuelle. Discours prononcé à la Séance solennelle de rentrée de l'Université de Strasbourg, 21 novembre 1931. *Bull. Soc. Amis Univ. Strasbourg*, n° 2, p. 43-52.
- 119 — Contribution à l'histoire géologique du Lac Noir. *Bull. Ass. phil. Als.-Lorr.*, t. 7, fasc. 6, p. 463-467.
- 120 — Forage à Bischwiller (Bas-Rhin). *Ibid.*, p. 468-473.
- 121 — Nature et origine des limons français (avec résumé en ukrainien). *Ukrain. Ac. of Sc.*, Symp. edit. Mem. lat. Ac. P. A. Tutkonsky, vol. I, p. 77-86.
- 122 — Oscillations eustatiques du niveau marin et mouvements de l'écorce terrestre pendant la période quaternaire. (en français et en ukrainien). *Ibid.*, vol. I, p. 87-95, 1 tabl.
- 123 — Terrains quaternaires et modernes de la plaine maritime flamande. XI, La gersta de Bergues, les bancs de Coudekerque et les Moères (f. de Dunkerque). *Bull. Serv. Carte géol. France*, C. R. Coll. Campagne 1931, t. 36, n° 187, p. 89-90.
1932. 124 — (avec P. CORSIN) Caractères de la flore du Culm dinantien de Champenay dans la haute vallée de la Bruche. *C. R. Ac. Sc.*, t. 194, p. 1846-1847.
- 125 — L'analyse pollinique des tourbes et son application à l'étude du Quaternaire et de la Préhistoire. *L'Anthropologie*, t. 42, p. 269-289, 1 tabl., 2 fig.
- 126 — Les modifications postglaciaires de la silve européenne, d'après les résultats des analyses polliniques des tourbes. *Ann. Géogr.*, n° 232, p. 339-350, 2 fig.

- 127 — Empreintes végétales dévoniennes à Schirmeck, massif de la Bruche (Bas-Rhin). *C. R. somm. S. G. F.*, p. 222-223.
- 128 — (avec F. FIRTON) Contribution pour la France et la Belgique à la carte de répartition du loess en Europe, in R. GRAHMANN : *Der Löss in Europa. Mitt. Gesellsch. f. Erdk.*, Leipzig, Bd 51, p. 5, pl. I.
- 129 — Terrains quaternaires et modernes de la plaine maritime flamande. XIII, Cordons littoraux de Bray-Dunes à l'Yser (f. de Dunkerque). *Bull. Serv. Carte géol. France*, C. R. Coll. Campagne 1932, t. 38, n° 190, p. 125-127.
1933. 130 — Sur la subdivision stratigraphique du complexe schisto-grauwackeux des Vosges. *C. R. Ac. Sc.*, t. 196, p. 190-192.
- 131 — Succession stratigraphique des terrains secondaires, tertiaires et quaternaires de la dépression alsacienne de Saverne (notice pour les excursions du Laboratoire de Géologie et Paléontologie de la Faculté des Sciences de Strasbourg), 1 broch., 23 p.
- 132 — Cadre systématique pour l'étude des Flagellates fossiles. *Bull. Ass. Amic. Inst. Sc. géol. Strasbourg*, n° 2, p. 23-31.
- 133 — (avec M^{me} C. DUBOIS) Sur la silve de l'Armor léonard depuis le Flandrien moyen et sur la genèse de quelques tourbes en cette contrée. *C. R. Ac. Sc.*, t. 197, p. 1145-1146.
- 134 — Paysages danois (résumé d'une conférence faite le 24 mai 1933). *Bull. Soc. Ac. Bas-Rhin*, t. 62 (nouv. sér., t. 46), p. 22-23.
- 135 — (avec M^{me} C. DUBOIS) Analyse pollinique d'un échantillon de lignite de Jarville. *Ann. Soc. géol. Nord*, t. 58, p. 174-179.
- 136 — (avec P. CORSIN) Description de la flore dinantienne de Champenay. *Bull. Serv. Carte géol. Als.-Lorr.*, t. II, fasc. 1, p. 1-33, 4 fig., pl. I-III.
- 137 — Notes sur les rives et les fonds du Lac Noir. *Ibid.*, t. II, fasc. 1, p. 75-88, 7 fig., pl. VII-VIII.
1934. 138 — (avec M^{me} C. DUBOIS) Sur les modifications forestières flandriennes de la région parisienne. *C. R. Ac. Sc.*, t. 198, p. 1445-1446.
- 139 — Exposé sommaire de la géologie de l'Alsace et des Vosges (excursion géologique interuniversitaire), 1 broch., 77 p.
- 140 — Notice sur l'activité du Service de la Carte géologique d'Alsace et de Lorraine pendant les années 1932 et 1933. *Bull. Serv. Carte géol. Als.-Lorr.*, t. II, fasc. 2, p. xvii-xix.
- 141 — Forages en plaine alluviale rhénane à Bischwiller. *Ibid.*, t. II, fasc. 2, p. 107-115, 1 fig.
1935. 142 — (avec M^{me} C. DUBOIS) Résultats d'analyses polliniques de tourbes littorales flandriennes entre Penmarc'h et Concarneau. *C. R. Ac. Sc.*, t. 200, p. 846-848.
- 143 — La géologie de l'Alsace (résumé d'une conférence faite le 6 mars 1935) in *L'Alsace géologique, géographique et géophysique*. Bibliothèque Jean Macé, I, *Bull. Jean Macé*, supp. avril 1935, p. 5-11, 1 tabl.
- 144 — Notice sur l'activité du Service de la Carte géologique d'Alsace et de Lorraine pendant l'année 1934. *Bull. Serv. Carte géol. Als.-Lorr.*, t. II, fasc. 3, p. xx-xxiii.
- 145 — (avec M^{me} C. DUBOIS) Tourbe de la Somme en aval d'Amiens. *Ann. Soc. géol. Nord*, t. 60, p. 100-106, 2 fig.

1936. 146 — État de nos connaissances sur le Carbonifère de l'Est de la France. *Bull. Ass. phil. Als.-Lorr.*, t. VIII, fasc. 3, p. 159-173, 3 tabl.
- 147 — L'étude pollenanalytique des tourbières flandriennes françaises de l'Alsace à la Bretagne. *Verhandl. III^e intern. Quartär-Konferenz*, Wien, p. 230-231.
- 148 — Sur quelques termes de la nomenclature du Quaternaire marin. *Ibid.*, p. 270-271.
- 149 — Notice sur l'activité du Service de la Carte géologique d'Alsace et de Lorraine pendant l'année 1935. *Bull. Serv. Carte géol. Als.-Lorr.*, t. 3, p. ix-xi.
- 150 — (avec F. FIRTION) Esquisse de l'extension des limons loessiques en France. *Ibid.*, t. 3, p. 20-25, pl. II.
- 151 — Quelques puits et forages en plaine alluviale rhénane au Sud de Strasbourg. *Ibid.*, t. 3, p. 28-35.
1937. 152 — (avec M^{me} C. DUBOIS) Analyse pollinique d'une tourbe rencontrée à Paris, quai Saint-Bernard, lors de travaux du chemin de fer métropolitain. *Bull. Mus. Hist. nat.*, 2^e sér., t. IX, p. 106-111, 1 fig.
- 153 — (avec F. FIRTION) Notice explicative sommaire de la feuille de Wasselonne au 25 000^e. Annexe de 6 panneaux et 1 broch., Strasbourg, 10 p.
- 154 — Présentation de la feuille géologique Wasselonne (dressée par WEIGAND) et observations sur cette feuille. *Bull. Ass. phil. Als.-Lorr.*, t. VIII, fasc. 4, p. 305-308.
- 155 — La Pédologie et la France d'Outre-Mer (communication au Congrès de la Recherche scientifique dans les territoires d'Outre-Mer, Paris). *Actes et C. R. Ass. Colonies-Sciences*, 1938, n^o 153, p. 38-41.
- 156 — (avec M^{me} C. DUBOIS) Étude paléobotanique de tourbières de la région parisienne. *B. S. G. F.*, (5) VII, p. 567-586, 10 fig., pl. XXVII.
- 157 — Notice sur l'activité du Service de la Carte géologique d'Alsace et de Lorraine pendant l'année 1936 (avec une liste des publications du Service). *Bull. Serv. Carte géol. Als.-Lorr.*, t. 4, p. vii-xvi, 1 fig.
- 158 — (avec M^{me} C. DUBOIS) Note sur les affleurements tourbeux de la Route des Crêtes, au Nord de la Schlucht (Vosges). *Ibid.*, t. 4, p. 80-82, 2 fig.
- 159 — (avec M^{me} C. DUBOIS et N. THÉOBALD). Caractères paléobotaniques d'une tourbe d'Heimersdorf en Sundgau. *Ibid.*, t. 4, p. 83-84.
1938. 160 — (avec M^{me} C. DUBOIS) Tourbes du Cragou (Finistère). *C. R. Ac. Sc.*, t. 206, p. 852-853, 1 fig.
- 161 — Les végétations forestières quaternaires dans le Nord-Est de la France d'après la méthode pollenanalytique. *C. R. 1^{er} Congrès lorr. Soc. sav. Est France*, Nancy, p. 161-172, 2 fig., 1 tabl.
- 162 — (avec M^{me} C. DUBOIS et E. LEROUX) Alluvion tourbeuse bréchoïde à Cramoisy (Oise). *C. R. somm. S. G. F.*, p. 298-299.
- 163 — (avec M^{me} C. DUBOIS) Premiers examens polliniques de tourbes littorales du Sud-Ouest de la France. *Ibid.*, p. 317-319.
- 164 — (avec M^{me} C. DUBOIS) Analyses polliniques de tourbe submergée
- 3 janvier 1955. *Bull. Soc. Géol. Fr.* (6), IV. — 18

- au Moulin de Luc (Calvados). *Bull. Soc. préhist. France*, t. 35, n° 3, p. 133-135.
- 165 — L'enseignement de la Géologie à l'Université de Strasbourg avant 1870. *Rev. Alsace*, t. 85, p. 1-57, pl. I-VI et 1 broch., Thann, 60 p., 6 pl.
- 166 — (avec M^{me} C. DUBOIS) Sur quelques revêtements tourbeux de Haute Tarentaise. *C. R. Ac. Sc.*, t. 207, p. 502-503.
- 167 — (avec M^{me} C. DUBOIS, A. HÉE et E. WALTER) La végétation et l'histoire de la tourbière d'Erlenmoos en Vosgovie. *Bull. Soc. Hist. nat. Moselle*, t. XI, 3^e sér., p. 41-54, 3 fig.
- 168 — Quaternaire marin et oscillations de la ligne de rivage quaternaire. *Geol. Jahresber.*, Bd I, p. 465-470.
- 169 — Notice sur l'activité du Service de la Carte géologique d'Alsace et de Lorraine pendant l'année 1937 (avec une liste des publications du Service). *Bull. Serv. Carte géol. Als.-Lorr.*, t. 5, p. IX-XIII, 3 fig.
- 170 — Empreinte de Sabal de Lobsann. *Ibid.*, t. 5, p. 1-6, pl. I.
- 171 — Quelques forages dans les vallées haut-rhinoises ou à leurs débouchés en plaine rhénane. *Ibid.*, t. 5, p. 45-56.
1939. 172 — (avec M^{me} C. DUBOIS). Caractères micropaléobotaniques d'une tourbe du Togo. *C. R. Ac. Sc.*, t. 208, p. 1421-1422.
- 173 — Aperçu de la Géologie du département du Bas-Rhin. *Annuaire administr. Dépt Bas-Rhin*, p. 5-14, 4 fig.
- 174 — (avec M^{me} C. DUBOIS) Aspects de la forêt lilloise préhistorique. *Ann. Soc. géol. Nord*, t. 64, p. 70-85, 2 fig.
- 175 — L'analyse pollinique et son application à l'étude du peuplement forestier des montagnes de l'Europe occidentale. *Rev. Géogr. alpine*, t. XXVII, fasc. 3, p. 591-624, 2 fig.
- 176 — Carte géologique détaillée de la France au 80 000^e, feuille 1-2, Calais-Dunkerque, 2^e éd., avec notice explicative en 6 panneaux. *Serv. Carte géol. France*.
1940. 177 — (avec M^{me} C. DUBOIS) Étude pollenanalytique de tourbières de la vallée de Chamonix (Haute-Savoie). *Rev. Sc. nat. Auvergne*, nouv. sér., vol. 6, p. 53-80, 6 fig.
1941. 178 — (avec M^{me} C. DUBOIS et L. GLANGEAUD) Sur le mode de formation et la composition pollinique du lignite d'Hostens (Gironde). *P.-V. Soc. linn. Bordeaux*, p. 1-4, 1 fig.
1942. 179 — (avec M^{me} C. DUBOIS) Le Tonnelet des tourbières. *Rev. Sc. nat. Auvergne*, nouv. sér., vol. 8, p. 162-163, 1 fig.
- 180 — (avec M^{me} C. DUBOIS et L. GLANGEAUD) Sur le Quaternaire du plateau de Millevaches et le profil pollinique d'une tourbière à Barsanges (Corrèze). *Ibid.*, nouv. sér., vol. 8, p. 164-167, 3 fig.
1943. 181 — (avec M^{me} C. DUBOIS) Notes paléontologiques sur le Tonnelet des tourbières (*Amphitrema flavum* ARCHER). *B. S. G. F.*, (5), XIII, p. 21-36, fig. 1 à 11.
- 182 — (avec M^{me} C. DUBOIS) Données pollenanalytiques sur des tourbes du Marais Vernier et transgression flandrienne en basse Seine. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 100-102.
- 183 — (avec M^{me} C. DUBOIS) Tourbes et transgression flandrienne en basse Orne. *Ibid.*, p. 116-117.
- 184 — Sommaire de la micrographie pratique des tourbes françaises. *Ibid.*, p. 152-154.

- 185 — (avec Mme C. DUBOIS et F. FIRTON) Examen micropaléontologique de tourbes du Jura français. *Rev. Sc. nat. Auvergne*, nouv. sér., vol. 9, p. 44-50, 2 fig.
- 186 — (avec Mme C. DUBOIS, F. FIRTON et Mlle M. HARTOPP) Sur une tourbière de Saint-Alyre-ès-Montagne en Cézallier. *Ibid.*, nouv. sér., vol. 9, p. 51-60, 1 fig.
1944. 187 — (avec Mme C. DUBOIS) Sur des tourbes et sur l'histoire forestière du Béarn. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 14-16.
- 188 — (avec Mme C. DUBOIS et N. THÉOBALD) Tourbières et histoire forestière flandrienne en Berry et en Marche. *C. R. Ac. Sc.*, t. 218, p. 166-167.
- 189 — (avec Mme C. DUBOIS) Remarques sur le Quaternaire et les tourbières de la Montagne limousine de Millevaches. *B. S. G. F.*, (5), XIV, p. 29-36, 3 fig.
- 190 — (avec Mme C. DUBOIS) Tourbière à Ségur-les-Villas en Cantal, avec couches de base à phase forestière de type d'Alleröd. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 45-48.
- 191 — (avec Mme C. DUBOIS) L'oscillation chaude d'Alleröd reconnue en une deuxième tourbière du Cantal à Riom-ès-Montagne. *Ibid.*, p. 61-63.
- 192 — (avec Mme C. DUBOIS) Histoire forestière flandrienne du Cantal avec phase allerödienne. *C. R. Ac. Sc.*, t. 219, p. 465-467.
- 193 — (avec Mme C. DUBOIS et F. FIRTON) Composition, genèse et âge des sols montagnards tourbeux du Cantal. *Ibid.*, t. 219, p. 517-519.
- 194 — Un aspect du champ de fractures de Saverne. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 169-171.
- 195 — (avec Mme C. DUBOIS et F. FIRTON) Sur la genèse et l'âge des sols montagnards tourbeux du Cantal. *Ibid.*, p. 178-179.
- 196 — Sur le Souslik des gisements quaternaires d'Auvergne. *Rev. Sc. nat. Auvergne*, nouv. sér., vol. 10, p. 4-37, 2 fig., pl. 1.
1945. 197 — (avec Mme C. DUBOIS et Mlle Fr. DUBOIS) Notes géologiques, micropaléontologiques et géochimiques sur une tourbière de Noirétable dans les Monts du Forez. *B. S. G. F.*, (5), XV, p. 89-109, 3 fig.
- 198 — (avec J. ROTHÉ) La basse terrasse d'Erstein et le ried de l'Andlau. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 37-39.
- 199 — Sur la géologie du pays de Truchtersheim ou Bas Kochersberg. *Ibid.*, p. 55-56.
- 200 — (avec Mme C. DUBOIS et F. FIRTON) Caractères micropaléontologiques du lignite des Egravats en Monts-Dores d'Auvergne. *Ibid.*, p. 72-74.
- 201 — (avec Mme C. DUBOIS) Histoire forestière flandrienne comparée de la Montagne de la Madeleine, des Bois Noirs et des Monts du Forez. *C. R. Ac. Sc.*, t. 220, p. 534-535.
- 202 — (avec Mme C. DUBOIS, F. FIRTON et R. WEIL) Sur la lignite de Boutaress en Cézallier. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 85-86.
- 203 — (avec Mme C. DUBOIS) Indications pollenanalytiques des oscillations climatiques chaudes du Flandrien français. *C. R. Soc. Biogéogr.*, n° 191, p. 41-45.
- 204 — Les analyses polliniques et la phytogéographie en France. *Ass. fr. Avanc. Sc.*, t. 3, p. 606-622, 1 fig.

- 205 — (avec M^{me} C. DUBOIS et F. FIRTION) La narse d'Espinasse ou tourbière du Puy de l'Enfer. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 167-169.
- 206 — (avec M^{me} C. DUBOIS) Tableau d'ensemble de l'histoire forestière flamandienne française. *C. R. Ac. Sc.*, t. 221, p. 634-636.
- 207 — (avec M^{me} C. DUBOIS) Tourbière de Saint-Michel-de-Braspars (Finistère). *C. R. somm. S. G. F.*, p. 204-205.
- 208 — (avec M^{me} C. DUBOIS) Tourbe du Marais de la Bar. *Ann. Soc. géol. Nord*, t. 65, p. 151-158, 1 fig.
- 1946. 209 — La tourbe, ses origines et ses caractères. *Rev. Sc. nat. Auvergne*, nouv. sér., vol. 11, p. 24-26.
- 210 — Connaissance actuelle de l'histoire du peuplement forestier des montagnes françaises. *Rev. Géogr. alpine*, t. 34, p. 57-68.
- 211 — Sur l'extension du Permien dans la région du Donon. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 33-35.
- 212 — (avec M^{me} C. DUBOIS) L'analyse pollinique de la tourbière de Pinet à Roquefeuil (Aude). *C. R. Ac. Sc.*, t. 222, p. 455-456, 1 fig.
- 213 — (avec E. GOERTSCH) Le limon jaune loessioïde du centre de la Ville de Strasbourg. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 171-173.
- 214 — Répartition des gisements certainement et vraisemblablement dinantiens dans la région de la Bruche (Vosges moyennes). *Ibid.*, p. 222-223.
- 215 — (avec M^{me} C. DUBOIS) Tourbe et histoire forestière du Marais de Guines près Calais. *C. R. Ac. Sc.*, t. 223, p. 405-406.
- 216 — Sur les failles subméridiennes en marge méridionale de la coupole rhénane. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 258-260.
- 217 — (avec M^{me} C. DUBOIS) Zones paléosilviques du Flandrien français. *Ibid.*, p. 262-264.
- 218 — (avec M^{me} C. DUBOIS) Zonation paléosilvique comparée du Sud-Est de la Grande-Bretagne et du Nord-Est de la France. *Ann. Soc. géol. Nord*, t. 66, p. 313-320.
- 1947. 219 — Paroles de remerciement prononcées à l'Hôtel de Ville de Gand. Réun. extr. Soc. belges Géol., p. 193-194.
- 220 — L'évolution de la silve postglaciaire en Europe occidentale. *Ibid.*, p. 265-278.
- 221 — Principes et historique de la stratigraphie du Quaternaire marin français. *Ibid.*, p. 294-300.
- 222 — (avec F. FIRTION) La basse terrasse rhénane badoise à Rastatt. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 185-187.
- 223 — Dix mille ans d'histoire forestière française. *Le Bois national*, n° 23, p. 353 et 355.
- 224 — L'analyse pollinique et l'histoire des forêts françaises depuis dix mille ans. *Bull. Soc. forest. Franche-Comté et Prov. Est*, Salins-les-Bains, t. 26, n° 3, p. 100-115, 9 fig.
- 225 — (avec F. FIRTION) La basse terrasse rhénane badoise en amont de Rastatt jusqu'en face de Strasbourg. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 264-265.
- 226 — (avec M^{me} C. DUBOIS et A. STIEBER) Spectres polliniques d'une alluvion de la Liepvrette près Sainte-Marie-aux-Mines. *Ibid.*, p. 292-293.
- 227 — (avec M^{me} C. DUBOIS) Quelques tourbières de la Montagne de la Madeleine. *B. S. G. F.*, (5), XVI (1946), p. 643-658.
- 1948. 228 — (avec M^{lle} J. SAUVAGE) Description et explication élémentaires

- de la Carte géologique murale de l'Alsace et de la Lorraine. *Livrets Serv. Carte géol. Als.-Lorr.*, n° 1, 39 p.
- 229 — (avec M^{me} C. DUBOIS) Analyse pollinique de tourbes de l'archipel Kerguelen. *C. R. Ac. Sc.*, t. 226, p. 944-946, 1 fig.
- 230 — (avec A. DROSDOFF) Relations de position du loess, des alluvions anciennes et des alluvions récentes à Kogenheim (Bas-Rhin). *C. R. somm. S. G. F.*, p. 176-177.
- 231 — Pollenanalysis of postglacial peats and deposits in France for the period 1939-1946. *Vegetatio, Acta geobotanica*, La Haye, vol. I, fasc. 1, p. 43-50, 1 fig., résumé en français.
- 232 — (avec M^{me} C. DUBOIS et P. JAEGER) Sol tourbeux d'*Eriospora* dans les monts-Loma en Afrique occidentale. *C. R. Ac. Sc.*, t. 227, p. 217-218.
- 233 — Subdivisions et nomenclature nouvelles du Trias de la région Nord-Est de la France. *Livrets Serv. Carte géol. Als.-Lorr.*, n° 2, 8 p.
- 234 — (avec M^{me} C. DUBOIS) Palynologie d'un sol humique au sommet de la Rhune en pays basque. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 309.
- 235 — La vie et l'œuvre d'Edmond ROTHÉ, Géophysicien. *Ann. Inst. Phys. Globe Strasbourg*, nouv. sér., t. 4, 3^e part. Géophysique, p. 71-88, 1 portrait frontispice.
1949. 236 — L'alimentation en eau potable en Alsace : le rôle du géologue dans les questions d'alimentation en eau potable en France. Hydrogéologie de l'eau potable en Alsace (conférence du 20 janvier 1949). *Courr. Soc. Ing. Ec. nat. techn. Strasbourg*, n° 67, p. 6-11.
- 237 — Géologie de la tourbe et des tourbières. Bibliographie de la tourbe. Les tourbières françaises, 1^{re} partie. Mém. Min. Ind. Comm., Dir. Mines, p. 59-120 et 183-225, 17 fig.
- 238 — Sur l'Annvillien et le complexe compréhensif discontinu permotriasique. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 260-261.
239. — Carte géologique détaillée de la France au 80 000^e, feuille 54, Saverne, avec Notice explicative en 6 panneaux, Serv. Carte géol. France.
- 240 — (avec M^{me} C. DUBOIS) Révision palynologique de la tourbe papyracée de Prisches (Nord). *Ann. Soc. géol. Nord*, t. 68, p. 194-196.
- 241 — (avec M. JAROVY et M^{lle} J. SAUVAGE) Résumé de la géologie du Palatinat rhénan et de ses abords. *Livrets Carte géol. Als.-Lorr.*, n° 3, 25 p.
- 242 — (avec M^{lle} J. SAUVAGE) La basse terrasse d'Erstein à Ebersheim (Alsace). *C. R. somm. S. G. F.*, p. 376-378.
- 243 — (avec J. TISCHMACHER) A propos de la palynologie de deux tourbières des Vosges lorraines. *Bull. Ass. phil. Als.-Lorr.*, t. 9, p. 13-14.
1950. 244 — El analisis pollinico y su aplicacion al estudio de la colonizacion forestal de las montanas de la Europa occidental. *Pirineos*, Zaragoza, t. 2, fasc. 3 (1946), 38 p.
- 245 — La classification du Trias germanique sur la rive gauche du Rhin. *Bull. Soc. Hist. nat. Toulouse*, t. 85, p. 254-255.
- 246 — Présentation de la feuille n° 54, Saverne, de la Carte géologique de la France à l'échelle du 80 000^e. *Bull. Ass. phil. Als.-Lorr.*, t. 9, p. 43-44.

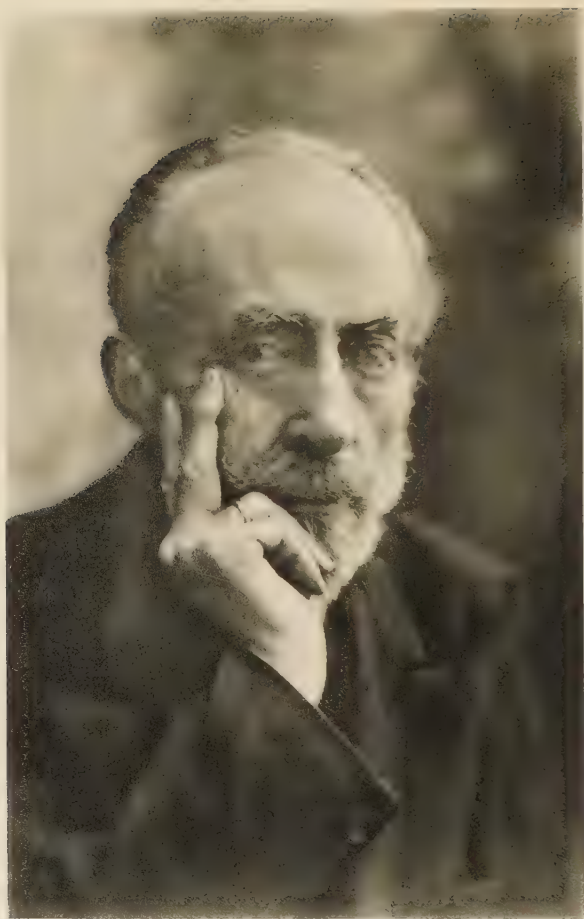
1951. 247 — Géologie des sols d'Alsace. *Bull. Ass. fr. Étude sol*, 4 p.
 248 — (avec M^{me} C. DUBOIS) L'évolution forestière flandrienne dans la région charentaise in *Sédimentation et Quaternaire*. Bordeaux, Led-Sam, p. 221-224, 2 fig.
 249 — Géologie des sols d'Alsace. *Livrets Serv. Carte géol. Als.-Lorr.*, n° 4, 5 p.
 250 — Contaminabilité d'une eau issue de la moraine récessionnelle de Pairis à Orbey. *Bull. Ass. phil. Als.-Lorr.*, t. 9, p. 69-70.
 1952. 251 — (avec M^{me} C. DUBOIS et J. J. HATT) Sur la géologie récente d'Argentorate et sur l'histoire palynologique de la forêt voisine in *Le passé romain de Strasbourg. Gallia*, t. VII, 2, (1949), appendice III, p. 192-194.
 252 — Coloration des sédiments triasiques. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 113-119.
 253 — (avec M^{lle} J. BECKER) L'anticlinal de Farschviller (Moselle). *Ibid.*, p. 212-213.
 254 — (avec M. RUHLAND) Le Trias et le Jurassique des collines sous-vosgiennes entre la Fecht et la Weiss. *C. R. Ac. Sc.*, t. 235, p. 436-438.
 255 — Carte géologique détaillée de la France au 80 000^e, feuille 38, Wissembourg, avec Notice explicative en 6 panneaux. Serv. Carte géol. France.
 256 — Carte géologique détaillée de la France au 80 000^e, feuille 55, Lauterbourg, avec Notice explicative en 3 panneaux. Serv. Carte géol. France.
 257 — (avec M^{lles} S. GILLET et Th. KOLB) Géologie des collines sous-vosgiennes entre la Thur et le Silbach. *C. R. Ac. Sc.*, t. 235, p. 1138-1139.
 258 — (avec G. GARDET et N. THÉOBALD) Carte géologique détaillée de la France au 80 000^e, feuille 53, Sarrebourg, avec Notice explicative en 6 panneaux. Serv. Carte géol. France.
 1953. 259 — Tectonique hercynienne des granites et gneiss du Strengbach entre Aubure et Ribeauvillé (Haut-Rhin), et considérations sur la genèse de ces granites. *C. R. Ac. Sc.*, t. 236, p. 1373-1374, 1 fig.
 260 — (avec M^{lle} J. BECKER) Essai de précision d'âge stratigraphique de quelques masses triasiques diapirisées du Nord algérien et considérations sur la genèse de leurs quartz bipyramidés. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 225-226.
 261 — Modifications des forêts et des climats dans les régions Nord-Est et Sud-Est de la France, 4^e Congr. INQUA, Rome-Pise, résumé 1 p.

En cours d'impression :

- 262 — Carte géologique détaillée de la France au 80 000^e, feuille 37, Sarreguemines, avec Notice explicative en 6 panneaux. Serv. Carte géol. France.
 263 — Carte géologique détaillée de la France au 80 000^e, feuille 71, Strasbourg, avec Notice explicative en 6 panneaux. Serv. Carte géol. France.
 264 — Carte géologique de la France au 320 000^e, feuille Strasbourg-Mulhouse. Serv. Carte géol. France.

En cours de rédaction :

- 265 — Carte géologique détaillée de la France au 80 000^e, feuille 86, Colmar, avec Notice explicative en 6 panneaux. Serv. Carte, géol. France.
 - 266 — Carte géologique détaillée de la France au 80 000^e, feuille 101, Mulhouse, avec Notice explicative en 6 panneaux. Serv. Carte géol. France.
 - 267 — L'Alsace. Géologie régionale de la France. Exposés publiés sous la direction de Albert F. de Lapparent. Actualités scientifiques et industrielles. Paris, Hermann, éditeur.
-



Louis de Marguerie

1862-1953

EMMANUEL JACQUIN DE MARGERIE

(1862-1953)

PAR **Paul Fourmarier** ¹.

UN PORTRAIT.

MONSIEUR LE PRÉSIDENT,
MES CHERS CONFRÈRES,

Mes premières paroles en cette séance solennelle de la Société géologique de France seront pour remercier son Conseil de m'avoir fait l'honneur de m'appeler à y présenter la notice biographique sur Emmanuel de Margerie.

J'étais en rapport avec cet éminent confrère depuis plus d'un demi-siècle ; j'entretenais avec lui des relations suivies et j'eus toujours à me louer de sa profonde bienveillance et de son exquise urbanité. A plusieurs reprises, surtout ces dernières années, je lui ai rendu visite dans sa charmante retraite si hospitalière de la rue du Bac où nous causions longuement des dernières nouveautés dans le domaine des sciences qui nous passionnaient.

De Margerie était l'ami de mon maître Lohest, mon prédécesseur dans la chaire de Géologie de l'Université de Liège ; il allait souvent en Belgique où l'un de ses parents fut ambassadeur de France pendant de longues années. Il en profitait pour rendre visite à son ami ; presque à chaque fois, il ne manquait pas de venir me voir et de s'enquérir de la marche de mes travaux. Au temps où j'étais l'adjoint de mon Maître, ses réflexions et ses conseils m'étaient précieux ; je lui en ai gardé une vive reconnaissance.

Je me dois d'ajouter cependant que ses visites me causaient aussi quelque confusion : de Margerie avait lu tout, ou à peu près tout, de ce qui se publiait dans le monde aussi bien dans le domaine de la Géographie que de la Géologie. A chacune de ses visites, il aimait à me signaler les derniers ouvrages ou articles parus sur les questions qui m'occupaient ; il s'inquiétait de savoir si, moi aussi, j'en avais pris connaissance. A cette époque du début de ma carrière, j'étais obligé pour assurer ma subsistance de remplir des

1. Notice lue à la séance du 31 mai 1954.

besognes administratives en plus de mes fonctions universitaires. Tout mon temps libre, j'entendais le passer sur le terrain à parcourir nos vallées d'Ardenne si riches en enseignements pour un jeune géologue ; je ne pouvais de ce fait consacrer que bien peu de temps à la lecture des travaux parus à l'étranger. Aussi, que de fois n'ai-je pas dû répondre par la négative, et, je l'avoue aujourd'hui, il m'est arrivé plus d'une fois de faire un pieux mensonge pour ne pas causer trop de déception à mon interlocuteur.

N'est-il pas piquant que ce soit aujourd'hui un géologue de terrain qui rende parmi vous l'hommage suprême à celui qui, par ses lectures, connaissait mieux que quiconque la constitution géologique de tous les pays du monde.

Emmanuel de Margerie est né à Paris le 11 novembre 1862. Il manifesta très tôt un goût marqué pour le dessin et pour les choses de la nature. Son père, au lieu de l'envoyer au collège, confia son instruction à des précepteurs avertis, capables de développer en lui des dispositions naturelles remarquables. Il n'avait pas quinze ans qu'il suivait déjà les cours d'Albert de Lapparent à l'Institut catholique. Au début de l'année 1877, il était admis au nombre des membres de la Société géologique de France sous le patronage de son maître. Il fit ainsi partie de notre Société pendant près de 77 ans ; il en fut président à plusieurs reprises et y joua un rôle particulièrement actif ; la Société lui accorda diverses récompenses.

En 1878, alors qu'il n'avait pas seize ans, il assista à la première session du Congrès géologique international ; il fut secrétaire du Congrès aux sessions de Washington 1891, Zurich 1894, Saint-Petersbourg 1897 ; il fut appelé à la vice-présidence à plusieurs sessions, notamment à Bruxelles en 1922. En 1952, les membres présents à la XIX^e session à Alger se plurent à rendre un éclatant hommage au vénérable savant, seul membre encore vivant qui eut assisté à la première session : ils l'élurent d'enthousiasme président d'honneur du Congrès.

Dès sa plus tendre enfance, de Margerie fut entraîné à la pratique des langues étrangères, principalement l'allemand et l'anglais, ce qui lui fut plus tard d'un secours précieux pour mener à bien la tâche qu'il s'était assignée.

Si de Margerie, comme je l'ai dit tout à l'heure, aimait la lecture, ce n'était pas uniquement pour satisfaire son ardent désir de connaître ; il avait le talent d'analyser les travaux publiés, dont il cherchait, dans un esprit élevé d'altruisme, à faire profiter ses confrères. C'est là qu'il faut chercher la raison majeure de toute son œuvre scientifique ; elle fut extrêmement féconde et variée

au point qu'il est difficile dans cette notice biographique d'en donner une analyse suffisamment complète.

En 1880, âgé de 18 ans, de Margerie fut victime d'un accident de voiture dans le Berry ; il fut atteint d'une fracture de la cuisse gauche qui lui laissa, du fait de l'inégale longueur des jambes, une infirmité dont il bénéficiera, car deux ans plus tard, il fut exempté définitivement du service militaire et libre de poursuivre sans trouble et sans interruption l'existence studieuse et réfléchie qu'il s'était faite.

On peut croire aussi que sa légère infirmité, en lui rendant la marche plus pénible, accentua dans une certaine mesure ses dispositions naturelles pour la lecture et la méditation. Il n'hésitait cependant pas à parcourir pédestrement des chemins parfois difficiles, et je me souviens l'avoir vu suivre allègrement ses compagnons de route durant les excursions du Cinquantenaire de la Société géologique suisse, alors qu'il avait dépassé l'âge de 70 ans.

Ses confrères gardent d'Emmanuel de Margerie un souvenir ineffaçable : de taille moyenne, un peu voûté, boitant légèrement, s'appuyant sur une canne, causeur charmant, érudit sans égal, critique profond, il attirait irrésistiblement la sympathie. Son regard un peu rêveur était celui du Penseur à la poursuite incessante de l'Insaissable ; dans ses dernières années, il semblait s'y ajouter le regret de la fuite trop rapide du Temps qui devait mettre un terme aux efforts du savant dans sa recherche de la Connaissance.

Les publications d'Emmanuel de Margerie sont nombreuses ; elles atteignent près de trois cents. Elles traitent de sujets très divers dans le double domaine de la Géologie et de la Géographie ; comme je l'ai déjà dit, la plupart ont pour but de faire connaître des travaux publiés par des savants étrangers et d'en faire la critique ; il n'empêche que plusieurs de ces travaux d'analyse et de critique sont d'une importance capitale pour ceux qui s'adonnent aux Sciences de la Terre.

Parmi ses travaux d'intérêt général, je retiendrai tout d'abord le petit livre établi en collaboration avec Albert Heim sous le titre « Les dislocations de l'Écorce terrestre. Essai de définition et de nomenclature », datant de 1888. De Margerie a écrit à ce sujet : « J'ai tout d'abord contribué à donner une langue à la Tectonique... ». On reconnaîtra volontiers que les auteurs de cet ouvrage ont rendu un immense service à la Science. La tectonique s'est faite peu à peu, par les apports successifs de nombreux chercheurs. Comme il arrive presque toujours en pareille occurrence, chacun

d'eux créait des termes nouveaux et cela de façon plus ou moins heureuse. Il était nécessaire d'y mettre de l'ordre et d'établir l'équivalence de ces termes dans les trois langues principales utilisées à l'époque par les géologues du monde : le français, l'allemand, l'anglais. La richesse de ce répertoire est mise en évidence par les chiffres suivants : l'index français mentionne 725 mots ou expressions, l'index allemand 825 et l'index anglais 460, soit en tout plus de deux mille termes spéciaux qui sont ainsi définis et catalogués.

Pour souligner la valeur de ce livre, je ne puis mieux faire que de rappeler la décision prise par la Commission de la Croûte terrestre du Congrès géologique international à Londres en 1948 : *compléter l'œuvre de Heim et de Margerie pour la mettre à la hauteur des connaissances acquises à l'heure actuelle.*

Les membres de la Commission ont pu se rendre compte de l'ampleur du travail qui leur est confié ; ils hésiteraient à l'entreprendre s'ils n'avaient dans l'ouvrage « Les dislocations de l'Écorce terrestre. » une base solide pour leur travail. N'est-ce pas le plus bel hommage à rendre aux auteurs de ce livre ?

Un autre ouvrage d'intérêt général mérite aussi de retenir l'attention des géographes : « Les formes du terrain », publié en 1888 en collaboration avec le général de La Noë, directeur du Service géographique de l'armée. Ce petit ouvrage d'apparence modeste (265 pages) avait pour objet de donner, comme l'écrit de Margerie lui-même, « une doctrine à la morphologie » en faisant table rase de certaines idées déjà combattues avec force à l'étranger, notamment au sujet du creusement des vallées et de la genèse des surfaces structurales. De nombreux articles saluèrent avec les plus grands éloges la parution de cet ouvrage, resté classique aujourd'hui, bien qu'il remonte à plus de 65 années.

En cherchant peu après à établir sur des bases scientifiques l'histoire des cours d'eau français, de Margerie a appliqué certains des principes exposés dans l'ouvrage « Les formes du terrain ». Parmi les mémoires réservés à cette question, on retiendra spécialement l'étude si instructive des profils en long des rivières, qui permet de tirer des conclusions importantes sur l'évolution géologique et géographique, sur les causes du rajeunissement, sur les mouvements épirogéniques.

En parlant de ses travaux de Géographie, de Margerie écrit : « Je me suis surtout donné pour tâche de montrer que la Géographie, longtemps restreinte à la seule représentation, puis à la description de la surface du Globe, doit pour devenir explicative, s'appuyer de plus en plus largement sur les résultats obtenus par

la Géologie, l'état actuel des continents n'étant de toute évidence, que la suite et l'aboutissement logique de leur histoire. »

A propos des ouvrages d'intérêt général, il convient de citer encore le « Catalogue des Bibliographies géologiques », qui a rendu tant de services aux chercheurs. Et, dans le domaine de la Cartographie et de la Topographie, de Margerie a contribué largement à « en assurer la réalisation suivant des principes rationnels » d'après ses propres paroles.

Je vais considérer maintenant son œuvre maîtresse, celle qui a fait sa grande réputation dans les milieux scientifiques de France et de l'Étranger : la traduction du grand ouvrage d'Edouard Suess : « La face de la Terre » (*Das Antlitz der Erde*).

Il n'est certes pas facile de traduire en français un travail écrit en allemand. La pensée française, ou latine, s'accorde souvent mal avec la tournure de l'esprit germanique. Il fallait non seulement que de Margerie possédât une connaissance parfaite de la langue allemande, mais encore qu'il eût pénétré le génie du maître viennois. C'était néanmoins une tâche considérable dont l'ampleur et les difficultés avaient de quoi décourager les plus résolus. Heureusement, l'éditeur de la traduction française laissa toute liberté à de Margerie qui put s'adjoindre une série de collaborateurs, au nombre desquels figurent les plus grands noms de la Science géologique française.

Dès la parution de l'édition allemande, des critiques s'étaient plaints du nombre insuffisant des figures insérées dans le texte, de Margerie fut autorisé à compléter l'illustration ; en même temps, il donnait aux références bibliographiques une ampleur bien supérieure à celle de l'édition allemande, d'où résultait à ce point de vue un aspect nouveau de l'ouvrage, qui fut particulièrement apprécié.

La traduction qui suivait de près la parution de l'édition allemande, fut achevée en 1918 ; elle avait demandé plus de vingt ans d'efforts. L'épilogue en fut rédigé par Pierre Termier avec l'élégance de langage qui marquait ses écrits ; ce maître éminent fit ressortir toute la valeur de l'édition française de « La face de la Terre ».

Toute œuvre scientifique, si brillante qu'elle paraisse à ses débuts, a ses moments de déclin ou d'éclipse. Certaines conceptions de Suess sur l'évolution de la croûte terrestre ont été remplacées par des idées nouvelles. Il n'en est pas moins vrai que l'essentiel de l'œuvre subsistera. Dans la préface de l'édition française, Marcel Bertrand a écrit : « Il faut savoir attendre : la création d'une Science comme celle d'un Monde demande plus d'un jour, mais

quand nos successeurs écriront l'histoire de la nôtre, ils diront, j'en suis persuadé, que l'œuvre de M. Suess marque dans cette histoire la fin du premier jour, celui où la lumière fut. »

J'en arrive à l'examen de quelques-uns des travaux d'intérêt plus local dont de Margerie fut l'auteur.

Dès le début de sa carrière, notre confrère s'attacha à l'étude des Pyrénées, notamment sur le versant espagnol aux abords du Mont Perdu. A l'aide de ses propres observations, complétées par un examen critique des travaux de ses devanciers, il mit au point, avec la collaboration de Schrader, un « Aperçu de la structure géologique des Pyrénées ». Dans ce volumineux mémoire, il redresse des erreurs relatives à l'interprétation des failles et met en évidence la structure de la chaîne en éventail composé ; il fait ressortir aussi la constance relative des faciès suivant la direction de la chaîne et leurs variations rapides dans le sens transversal.

Peu après, de Margerie s'attache à l'étude du Jura, où il fit ses premières courses en compagnie du général de La Noë. Tous les géologues connaissent son magnifique ouvrage « Le Jura », dont la publication commencée en 1922 fut achevée en 1936 par la parution du « Commentaire de la Carte structurale. Description tectonique du Jura français ». L'ensemble de l'œuvre ne comprend pas moins de 1542 pages, avec 444 figures et 31 planches. Notre regretté confrère a pu écrire, non sans une légitime fierté : « Je n'hésite pas à considérer cet ouvrage comme le fruit le plus important de mon activité intellectuelle, celui qui a exigé de ma part le plus de patience et d'efforts. »

Les géologues belges furent particulièrement intéressés par l'analyse critique publiée en 1889 de l'ouvrage de Jules Gosselet consacré à l'Ardenne. On se rappelle que l'éminent professeur de Lille expliquait la distribution des sédiments paléozoïques en Belgique et dans les territoires limitrophes en admettant que les limites des étages successifs du Dévonien coïncident approximativement avec les anciens rivages des mers où ils se sont formés. Emmanuel de Margerie s'éleva contre cette conception en se basant sur les travaux des géologues anglais et américains. « *La région ardennaise, écrit-il, a dû être complètement recouverte par l'ensemble des couches dévoniennes ; l'affleurement des massifs cambriens au centre des anticlinaux les plus saillants, résulte uniquement de la dénudation inégale de la zone plissée où l'on n'observe aucune trace d'anciens rivages.* » Par cet examen critique, de Margerie a apporté une contribution de valeur à la géologie des terrains anciens de l'Ardenne. Ses idées furent adoptées immédiatement

par deux grands maîtres de la géologie belge : Ch. de la Vallée-Poussin et Max. Lohest.

Sans en revenir aux conceptions de Gosselet, il conviendra sans doute d'apporter quelque correctif à la manière de voir de de Margerie, peut-être un peu trop absolue. Certains indices portent à croire que les traits directeurs de la tectonique ou certains d'entre eux, tout au moins, s'esquissaient déjà sur le fond du bassin de sédimentation aux époques dévonienne et carbonifère, et se marquaient notamment par des variations importantes dans la subsidence du fond océanique.

Dès après la première guerre mondiale, de Margerie fut nommé directeur du Service géologique d'Alsace et de Lorraine et attaché à l'Université de Strasbourg où il prit rang parmi le corps professoral de la Faculté des Sciences. Le Gouvernement français ne pouvait faire meilleur choix, et douze ans plus tard, de Margerie avait mis au point une carte géologique murale de l'Alsace et de la Lorraine, document des plus remarquables, qui fait grand honneur à son auteur et à ses collaborateurs.

Le dernier gros mémoire publié par de Margerie est intitulé : « Études américaines. Géologie et Géographie. » Cet ouvrage est une précieuse mine de renseignements pour les géologues et les géographes. Son auteur rappelle son entrée en relation avec les géologues des États-Unis ; il analyse les principaux travaux publiés, fait l'historique du développement du Geological Survey et donne la liste des mémoires et cartes publiés ainsi qu'un aperçu des méthodes cartographiques. Il s'y trouve une analyse raisonnée des cartes géologiques et tectoniques des États-Unis et de la carte géologique internationale de l'Amérique du Nord. Dans cet ouvrage, de Margerie rappelle que l'examen des travaux sur le Grand Canyon du Colorado permet d'affirmer que cette partie du Globe s'est soulevée de 3 600 à 5 800 m. On admire aussi la description sommaire de l'Amérique du Nord, modèle de précision et de clarté ; la comparaison entre le Jura et les Appalaches, les réflexions sur les principes de la morphogénèse sont des contributions de première importance, dont l'intérêt n'échappe à personne.

W. M. Davis a relaté dans sa biographie de Gilbert l'impression que ce savant américain avait rapportée de sa visite à Paris où il fut guidé par de Margerie et à la suite de laquelle, il déclarait : « Mr. de Margerie is better informed in the geography and geology of the United States than most Americans, not excepting members of the Geographical and Geological Surveys. »

De Margerie visita l'Amérique à plusieurs reprises. En 1922-23,

il fut appelé, en qualité de professeur d'échange, à donner dans les principales universités américaines plusieurs cycles de conférences sur l'Histoire de la Géographie et de la Géologie françaises. Il fit aussi une série de conférences devant les membres de plusieurs grandes institutions américaines notamment la Geological Society of America.

Bien qu'il n'ait pas eu l'occasion de le visiter, le continent asiatique retint largement l'attention de Margerie. Il a fait connaître par une série d'analyses bibliographiques les principaux travaux publiés sur cette vaste partie du monde. Mais il s'est attaché tout spécialement à l'œuvre de Sven Hedin sur l'orographie du Thibet (1917-1922) ; son analyse constitue en fait un volumineux mémoire où les faits les plus marquants signalés par le grand explorateur suédois sont bien mis en évidence.

Les explorations récentes des chaînes himalayennes attirent à nouveau l'attention sur la valeur de cet ouvrage.

De Margerie, qui connaissait si bien l'Europe et l'Amérique et, par ses lectures, le continent asiatique, avait conçu le projet de la réalisation d'une carte géologique de l'Afrique. Au Congrès de Bruxelles, en 1922, il obtint la nomination d'une « Commission chargée d'étudier les moyens pratiques de publication d'une carte géologique de l'Afrique ». Cette entreprise reçut aussitôt l'appui du Roi des Belges, S. M. Albert I^{er}, et du Gouvernement belge.

Toute œuvre de cette nature rencontre à ses débuts de multiples difficultés, doit vaincre de nombreux obstacles. De Margerie, d'abord secrétaire de la Commission, puis président à la mort d'Alfred Lacroix, put les surmonter grâce à sa ténacité, à sa profonde connaissance de la géologie du monde, à sa pratique consommée de la cartographie. En 1937, parut la première feuille ; en 1952, à la session d'Alger du Congrès géologique international, la carte entièrement achevée put être présentée. Ce fut sans doute pour notre Confrère une grande joie de voir l'aboutissement de l'œuvre qu'il avait conçue et pour laquelle il s'était tant dépensé.

Il y a quelques jours à peine, j'ai été informé que le Gouvernement belge avait décerné à Emmanuel de Margerie la Commanderie de l'Ordre de Léopold II à l'occasion de l'achèvement de la carte géologique internationale de l'Afrique.

Cette distinction est arrivée trop tard ! notre éminent confrère l'eut reçue avec fierté car elle porte le nom d'un Souverain qui sut donner à son pays, en plein centre africain, un magnifique empire colonial.

Puisse Madame de Margerie voir dans cette distinction l'hommage d'une petite nation à un grand savant de France.

Je crois avoir signalé les publications les plus marquantes d'Emmanuel de Margerie. Est-il besoin d'ajouter qu'il a apporté des contributions importantes à l'histoire de la Géologie et de la Géographie, qu'il a rédigé aussi un nombre impressionnant de comptes rendus bibliographiques d'ouvrages parus sur toutes les parties du monde.

Mais il importe de rappeler aussi le service qu'il a rendu aux géologues lorsqu'il entreprit, sous l'égide de l'Académie des Sciences, la réimpression de l'œuvre de Marcel Bertrand, dont les conceptions géniales ont contribué si largement au développement de la tectonique.

Les derniers ouvrages publiés par de Margerie ont pour titre « Critique et Géologie » en quatre volumes et « Études américaines », dont le tome premier seul a paru à ce jour. Ces cinq volumes constituent en quelque sorte un exposé de la vie, de la carrière, des préoccupations, des travaux de notre éminent confrère. Il s'y trouve le rappel de conceptions hautement scientifiques et aussi des détails intimes en même temps que les portraits d'un grand nombre de personnalités avec lesquelles l'auteur fut en contact et la reproduction de nombreuses lettres par lesquelles d'éminents savants lui font part de leur admiration pour ses travaux. C'est un raccourci de l'histoire des Sciences géologique et géographique pendant trois quarts de siècle ; c'est aussi un précieux recueil de documents pour qui s'intéresse à l'évolution des Sciences et cherche à connaître la genèse des idées.

En parcourant à nouveau ces cinq volumes, j'ai senti revivre en moi une foule de souvenirs. C'est un lien de plus — lien posthume, hélas — qui m'unit à Emmanuel de Margerie, à cet homme qui en 1943 a pu écrire ces lignes : « Depuis soixante ans, je n'ai pas cessé de consacrer la plus grande partie de mon activité au culte absolument désintéressé de la Géologie et de la Géographie, en m'attachant de préférence aux questions qui se trouvant à la fois du ressort de ces deux disciplines pourraient être réunies sous le nom de *Géographie géologique*. »

Emmanuel de Margerie était membre de l'Institut, membre étranger de la Royal Society of London, associé de l'Académie royale de Belgique, membre honoraire ou correspondant de nombreuses sociétés scientifiques de l'Étranger, docteur *honoris causa* des Universités de Lausanne et de Toronto, collaborateur principal des services de la Carte géologique, président de la Commission de l'Atlas national, président du Club alpin français, professeur honoraire de l'Université de Strasbourg, titulaire de hautes

distinctions scientifiques, officier de la Légion d'honneur. Il avait obtenu la plupart des récompenses que pouvaient lui décerner ses pairs. Il avait le droit d'être fier d'être monté si haut !

Cependant, en tête de l'autoanalyse de ses travaux parue en 1938, notre regretté confrère écrivait : « Mes parents ne m'ont jamais envoyé au Collège et je ne suis pas bachelier. »

Est-ce un regret ou, au contraire, un sursaut de fierté d'avoir pu atteindre aux plus hautes destinées scientifiques sans avoir reçu l'empreinte de l'enseignement traditionnel ? Je ne sais pas ! Peu importe d'ailleurs ; tous nous savons qu'Emmanuel de Margerie fut un très grand géologue et géographe, un esprit critique exceptionnel ; il a rendu accessible aux hommes de Science des travaux qui ne l'eussent pas été sans lui. Son activité féconde et son accueil si simple et si cordial ont été pour de jeunes chercheurs, et aussi pour des géologues avertis, un encouragement à reprendre et à scruter davantage des problèmes de première importance. Il a largement contribué à répandre à l'étranger l'influence spirituelle de la France. Il a fait honneur à la Science et à sa Patrie. Il fut un grand Français.

C'est dans un sentiment d'admiration que je m'incline devant sa mémoire ; c'est avec émotion que je présente à Madame de Margerie l'expression de la très respectueuse sympathie des membres de la Société géologique de France.

LISTE CHRONOLOGIQUE DES PUBLICATIONS D'EM. DE MARGERIE ¹

- 1882. 1 — Traduction et résumé de « Mémoire sur la géologie de la Nouvelle-Galles du Sud » par C. S. WILKINSON. *C. R. 2^e Congr. géol. intern.,* *Bologne*, 1881, p. 236-239.
- 1883. 2 — Sur la Monographie du grand Cañon du Colorado par le Capitaine DUTTON. *B. S. G. F.*, (3), XI, p. 529-539.
- 1884. 3 — Les Plateaux du Colorado. Paysage et structure géologique, d'après les travaux des géologues américains. *Annuaire Club alpin fr.*, t. X, p. 417-449.
- 4 — Nouvelle méthode pour la mesure des hauteurs par le baromètre d'après G. K. GILBERT (extrait, traduit et résumé). *Ibid.*, t. X, p. 461-464.
- 1885. 5 — Amérique du Nord (États-Unis et Canada). Aperçu de la struc-

1. Cette liste a été extraite de la liste complète avec analyse de toutes les publications d'Em. de MARGERIE, parue dans « Critique et Géologie », t. I, p. 1-95 [n° 262 de notre liste].

- ture géologique. Principaux ouvrages publiés en 1883-1884. *Annuaire géol. univ.*, t. I, p. 20-31.
- 6 — Publications allemandes sur la géographie physique et la géologie. *Polybiblion*, 2^e sér., t. XXI, p. 317-326.
- 7 — Publications de la Commission du 10^e recensement des États-Unis. *Ibid.*, 2^e sér., t. XXII, p. 313-318.
- 8 — Géologie et Géographie physique. *Ibid.*, 2^e sér., t. XXII, p. 403-416.
1886. 9 — États-Unis. Aperçu des récentes publications de l'U. S. Geological Survey. *Ann. géol. univ.*, t. II, 2^e part., p. 8-21.
- 10 — Asie. Inde. Esquisse géologique. *Ibid.*, t. II, 2^e part., p. 38-46.
- 11 — Méthodes de Cartographie géologique employées par l'U. S. Geological Survey (traduction du mémoire de J. W. POWELL et W. J. MAC GEE). *Ibid.*, t. II, 2^e part., append., p. 3-25.
- 12 — Géologie. *Polybiblion*, 2^e sér., t. XXV, p. 310-330.
1887. 13 — Notes géologiques sur la région du Mont Perdu. *Ann. Club alpin fr.*, t. XIII, p. 609-625, 5 fig.
- 14 — Analyse de « Krakatau » par R. D. M. VERBEEK. *Bull. Club alpin fr.*, p. 15-22.
- 15 — Revue de Géologie pour l'année 1886. *Ann. géol. univ.*, t. III (Islande, Scandinavie, p. 514-524 ; Asie, Amérique, p. 598-777).
- 16 — Présentation d'un relief en plâtre de la Pennsylvanie par J. P. LESLEY et Observations sur les plissements des terrains paléozoïques. *B. S. G. F.*, (3), XV, p. 356-357.
- 17 — Résumé de « L'œuvre du Congrès géologique international » par G. K. GILBERT. *Ibid.*, (3), XVI, p. 2-7.
1888. 18 — Revue de Géologie pour l'année 1887. *Ann. géol. univ.*, t. IV (Résumé de « Études sur le terrain houiller de Commentry : Lithologie et stratigraphie » par M. FAYOL, p. 156-168 ; Analyse de « Das Antlitz der Erde » par E. SUSS, p. 465-477 ; Partie régionale : Océanie, Amérique méridionale, Amérique du Nord, p. 653-672).
- 19 — (avec A. HEIM) Les dislocations de l'Écorce terrestre (texte allemand et français, synonymie français-allemand-anglais). Zurich, Wurster et Cie, viii-154 p., 110 fig.
- 20 — (avec G. DE LA NOË) Les formes du terrain. Paris, Imprimerie nationale, vii-205 p., 49 pl.
- 21 — Les progrès de la Géologie. *C. R. Congr. bibliogr. intern.*, Paris, p. 267-294.
- 22 — Sur la structure des Montagnes Rocheuses canadiennes, à propos d'un travail de M. Mc CONNELL. *B. S. G. F.*, (3), XVI, p. 515.
- 23 — Sur de nouvelles découvertes de M. TÖRNEBOHM dans la Chaîne scandinave. *Ibid.*, (3), XVI, p. 692.
- 24 — Géologie et Géographie physique. *Polybiblion*, 2^e sér., t. XXXI, p. 97-112.
1889. 25 — Revue de Géologie pour l'année 1888. *Ann. géol. univ.*, t. V (C. R. de « L'Ardenne » par M. GOSSELET, p. 683-705 ; Partie régionale : Écosse, Norvège, p. 729-746 ; Asie, Océanie, Amérique, p. 867-896).
- 26 — Observations à propos de la découverte, par M. CAREZ, de phénomènes de recouvrement dans les Petites Pyrénées de l'Aude. *B. S. G. F.*, (3), XVII, p. 655.

- 27 — (avec le Baron HULOT) Procès-verbaux sommaires du Congrès international des Sciences géographiques, Paris, 5-10 août. Paris, Imprimerie nationale, 38 p.
- 28 — Notices jointes aux cartes n° 7 « Europe hypsométrique » et n° 11 « France hypsométrique et géologique » in Atlas de Géographie moderne. Paris, Hachette.
- 1890. 29 — Revue de Géologie pour l'année 1889. Partie régionale : Asie et Amérique. *Ann. géol. univ.*, t. VI, p. 575-617.
- 30 — Les deux nouvelles cartes géologiques de France. *Rev. gén. Sc.*, t. I, p. 43-47.
- 31 — Notes sur la structure des Corbières. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, t. II, n° 17, p. 283-319, 8 fig., 1 pl.
- 32 — Alphonse FAVRE. Nécrologie. *Bull. Club alpin fr.*, p. 274-275.
- 33 — Nouvelles cartes murales pour l'enseignement de l'Histoire ancienne (par H. KIEPERT). *Polybiblion*, 2^e sér., t. XXXIII, p. 437-440.
- 34 — La géologie de l'Andalousie et le tremblement de terre du 25 décembre 1884, d'après le récent rapport de la Mission française. *Rev. gén. Sc.*, t. I, p. 696-702, 4 fig.
- 1891. 35 — Les transformations des climats à l'époque actuelle. *Le Tour du Monde-Les Nouvelles géogr.*, 1^{re} ann., p. 12-14.
- 36 — Les Alpes d'Europe et les Alpes néo-zélandaises. *Ibid.*, 1^{re} ann., p. 93.
- 37 — La flore de la Polynésie. *Ibid.*, 1^{re} année, p. 393-396.
- 38 — Sur la découverte de phénomènes de recouvrements dans les Appalaches. *B. S. G. F.*, (3), XIX, p. 426-429.
- 39 — Une excursion géologique dans les Montagnes Rocheuses (programme). *Ibid.*, (3), XIX ; *C. R. somm.*, p. cxvi-cxix.
- 40 — Procès-verbal de la 1^{re} séance de la Commission internationale de Bibliographie géologique. *C. R. 5^e sess. Congr. géol. intern.*, Washington, p. 91-93.
- 41 — Notices accompagnant la nouvelle Carte typographique des États-Unis, in L'année cartographique. Paris, Hachette, 1^{er}, 2^e et 3^e suppléments.
- 42 — Rapport sur le Congrès géologique de Washington. *Bull. Soc. Géogr.*, 7^e sér., t. XII, p. 506-537.
- 1892. 43 — (avec F. SCHRADER) Aperçu de la structure géologique des Pyrénées. *Ann. Club alpin fr.*, t. XVIII (1891), p. 557-619, 2 fig., 2 cartes, 1 pl. panoramas.
- 44 — Article « Corbières », in Dictionnaire géographique et administratif de la France et de ses colonies. Paris, Hachette, t. II, p. 1060-1061.
- 45 — L'évolution des formes géographiques, d'après W. M. DAVIS. *Le Tour du Monde-Les Nouvelles géogr.*, 2^e ann., p. 2-3.
- 46 — Le régime du Rhin. *Ibid.*, 2^e ann., p. 42-43.
- 47 — (avec P. ZURCHER) C. R. de la Réunion extraordinaire dans les Corbières, 11-19 sept. 1892. *B. S. G. F.*, (3), XX ; *C. R. somm.*, p. cx-cxxxix (reproduit partiellement, p. 464-535).
- 48 — La British Association, Congrès d'Edimbourg. III. Géologie et Géographie. *Rev. gén. Sc.*, t. III, p. 700-703.
- 49 — Sur une nouvelle carte géologique des Pyrénées françaises et

- espagnoles, par E. DE MARGERIE et F. SCHRADER. *C. R. Ac. Sc.*, t. 115, p. 1337-1340.
1893. 50 — (avec F. SCHRADER) Aperçu de la forme et du relief des Pyrénées. *Ann. Club alpin fr.*, t. XIX, p. 432-453, 1 carte en couleurs.
- 51 — Communication sur les grands traits de la structure géologique des Pyrénées. *C. R. Séances Soc. Géogr.*, p. 233.
- 52 — La géologie du Péloponèse d'après A. PHILIPPSON. *Le Tour du Monde-Les Nouvelles géogr.*, 3^e ann., p. 121-123.
- 53 — Excursion dans le Chablais de la Soc. géol. suisse. *C. R. de la course à la Pointe d'Orchex*, 2 sept. *Ecl. géol. Helv.*, vol. IV, p. 105.
1894. 54 — River courses in the Jura mountains. *Science*, vol. XXIII, p. 1-2.
- 55 — Rapport présenté au nom de la Commission internationale de Bibliographie géologique. *C. R. 6^e sess. Congr. géol. intern.*, Zurich, p. 115-119.
- 56 — Une carte géologique de la Tunisie. *Le Tour du Monde-Les Nouvelles géogr.*, 4^e ann., p. 151-152.
1895. 57 — La morphologie de la surface terrestre. *Ann. Géogr.*, t. IV, p. 369-372.
- 58 — Allocation prononcée à l'ouverture de la R. E. à Sisteron. *B. S. G. F.*, (3), XXIII, p. 638.
1896. 59 — Rapport sur « De l'état de la Cartographie dans les Pyrénées espagnoles en 1895 » par le comte de SAINT-SAUD. *Comité Trav. hist. et sc.*, *Bull. Géogr. hist. et descript.*, p. 13-15.
- 60 — Trois nouveaux manuels de Géographie physique. *Ann. Géogr.*, t. V, p. 335-340.
- 61 — Catalogue des Bibliographies géologiques. Paris, Gauthier-Villars, in-8°, xx-733 p.
1897. 62 — (avec plusieurs collaborateurs) La Face de la Terre (Das Antlitz der Erde) par E. SUESS. Traduction et annotations. Préface de M. BERTRAND, t. I. Paris, Armand Colin, in-8°, xv-835 p., 2 cartes, 122 fig.
- 63 — Rapport sur les travaux exécutés par le Service géographique de l'Armée en 1894 et 1895. *Comité Trav. hist. et sc., sect. Géogr.*, pp. 1, 12 et 485-487.
1898. 64 — Allocutions prononcées aux obsèques de M. HOVELACQUE. *B. S. G. F.*, (3), XXVI, p. 384.
1899. 65 — Allocutions présidentielles à la Soc. géol. de France. *Ibid.*, (3), XXVII, p. 8-9, 380, 586, 588.
- 66 — Rapport sur les travaux exécutés par le Service géographique de l'Armée en 1897, *Comité Trav. hist. et sc., Sect. Géogr.*, pp. 17, 126-128.
1900. 67 — (avec plusieurs collaborateurs) La Face de la Terre (Das Antlitz der Erde) par E. SUESS. Traduction et annotations, t. II. Paris, Armand Colin, in-8°, iv + 878 p., 2 cartes, 128 fig.
- 68 — Allocutions présidentielles à la Soc. géol. de France. *B. S. G. F.*, (3), XXVIII, pp. 7, 506-514.
- 69 — (avec L. RAVENEAU) La cartographie à l'Exposition universelle de 1900. *Ann. Géogr.*, t. IX, pp. 291-312, 463-466.
- 70 — La nouvelle édition du « Traité de Géologie » de M. de LAPPARENT *Ibid.*, t. IX, p. 463-466.

1901. 71 — Notice sur le nouveau classement de la Bibliothèque de la Société géol. de France. *B. S. G. F.*, (4), I, p. 229-232.
1902. 72 — La Face de la Terre (Das Antlitz der Erde) par E. SUSS. Traduction, t. III (1^{re} part.). Paris, Armand Colin, in-8°, xii + 530 p., 3 cartes, 94 fig.
- 73 — Le général G. DE LA NOË. Nécrologie. *Ann. Géogr.*, t. XI, p. 463-464.
1903. 74 — Sur l'état actuel de l'Observatoire du Vésuve. *B. S. G. F.*, (4), III, p. 248.
- 75 — Critique de « L'Architecture du sol de la France » par le Cdt BARRÉ. *Ann. Géogr.*, t. XII, p. 302-306.
- 76 — Un essai de Bibliographie géologique (*Bibliographia geologica* de MOURLON et SIMOENS). *Bibliographe moderne*, 7^e ann., p. 257-270.
1904. 77 — La structure du sol autrichien, d'après un ouvrage récent. *Ann. Géogr.*, t. XIII, p. 64-80.
- 78 — (avec G. DE LA NOË) Programme d'une étude sur le tracé des cours d'eau de la France dans ses rapports avec des conditions géologiques. *Bull. Serv. Carte géol. France*, C. R. Coll. Campagne 1903, t. XV, n° 98, p. 131-153.
- 79 — A propos de la *Bibliographia geologica*. Réponse à MM. MOURLON et SIMOENS. *Bibliographe moderne*, 8^e ann., p. 349-392.
1905. 80 — Collaboration à : Carte géol. de la France au 1 000 000^e, 4 feuilles. Paris, Serv. Carte géol. France.
- 81 — Carte structurale du Jura au 400 000^e, 1 feuille 4 coul., Paris, Serv. Carte géol. France.
- 82 — Vérification de : Table générale des t. I-XX de la 3^e série du *Bulletin de la Soc. géol. de France*. Paris, Société géologique de France.
- 83 — La nouvelle carte de France au 50 000^e du Service géographique de l'Armée. *Ann. Géogr.*, t. XIV, p. 236-244, pl. V.
- 84 — La Carte bathymétrique des Océans et l'œuvre de la Commission internationale de Wiesbaden. *Ibid.*, t. XIV, p. 385-398.
- 85 — Ferdinand von RICHTHOFFEN. Nécrologie. *Ibid.*, t. XIX, p. 463-464.
- 86 — Amérique du Nord, Monts Appalaches et Grands lacs canadiens. *L'Année cartographique*, 15^e ann., novembre.
1906. 87 — Communications à la Commission de Topographie du Club alpin français. *P.-V.* 1901-1906, p. 46-60.
- 88 — Rapport sur les travaux exécutés par le Service géographique de l'Armée en 1905. *Comité Trav. hist. et sc., Sect. Géogr.*, pp. 367-369, 375.
- 89 — La nouvelle édition de la Carte géologique de la France à l'échelle du millionième. *Ann. Géogr.*, t. XV, p. 168-172.
1907. 90 — Marcel BERTRAND. Nécrologie. *Ibid.*, t. XVI, p. 178-179.
- 91 — La géologie de Madagascar d'après P. LEMOINE. *Ibid.*, t. XVI, p. 245-253.
- 92 — Rapports sur les Prix à la Société de Géographie. *La Géographie*, t. XV, p. 381-382.
- 93 — Communications à la Commission de Topographie du Club alpin français. *P.-V.* 1907.
1908. 94 — *Id. Ibid.*, 1908.

- 95 — La Carte géologique internationale de l'Amérique du Nord. *Ann. Géogr.*, t. XVIII, p. 55-70.
- 96 — Un nouveau Traité de Géologie. *Ibid.*, t. XVII, p. 161-165.
- 97 — Albert de LAPPARENT. Nécrologie. *Ibid.*, t. XVII, p. 344-347.
- 98 — L'évolution morphologique des Alpes de Transylvanie (Karpates méridionales) d'après E. DE MARTONNE. *Ibid.*, t. XVII, p. 404-412.
- 99 — Extraits d'une lettre à L. ROLLIER au sujet de la *Bibliographie géologique de la Suisse. Mat. Carte géol. Suisse*, XXIX^e livr., p. 995-999.
- 100 — Analyse d'un Rapport sur la situation des entreprises industrielles établies au Spitzberg et sur les préparatifs effectués en vue d'explorer cette région. *Comité Trav. hist. et sc., Bull. Géogr. hist. et descr.*, pp. 299, 322-323.
1909. 101 — Discours prononcé sur la tombe de Gabriel MARCEL. *La Géographie*, t. XIX, p. 253-254.
- 102 — Rapport sur les Prix à la Société de Géographie. *Ibid.*, t. XIX, pp. 472-473, 477.
- 103 — Communications à la Commission de Topographie du Club alpin français. *P.-V.* 1909.
- 104 — Rapport sur « Matériaux d'étude topologique pour l'Algérie et la Tunisie ». *Comité Trav. hist. et sc., Bull. Géogr. hist. et descr.*, pp. 299, 307-313.
- 105 — La structure du Jura. *Actes Soc. helv. Sc. nat.*, 92^e sess., part. 1, p. 40-68.
- 106 — La Géographie physique du Berry, d'après A. VACHER. *Ann. Géogr.*, t. XVIII, p. 390-406.
1910. 107 — Allocutions présidentielles et Rapport sur les Prix à la Société de Géographie. *La Géographie*, t. XXI, pp. 159, 207, 217, 290, 293, 454, 459, 463 et p. 363-373; t. XXII, pp. 85, 358, 369, 375
- 108 — Réception du D^r J. CHARCOT et des membres de l'Expédition antarctique française à Rouen. *Ibid.*, t. XXII, p. 86-87.
- 109 — L'inauguration du Musée océanographique de Monaco. *Ibid.*, t. XXI, p. 421-426, 1 fig.
- 110 — L'étude du profil en long des cours d'eau français. *Ann. Géogr.*, t. XIX, p. 318-342, pl. XV.
- 111 — Communications à la section de Géographie. *Comité Trav. hist. et sc., Bull. Géogr. hist. et descr.*, pp. 7, 332, 338, 339, 350.
- 112 — Analyse de « Topologie. Étude du terrain » par le général BERTHAUT. *Ibid.*, pp. 85, 346, 429-433.
1911. 113 — A propos de notre frontispice. *Bull. pyrénéen*, t. XVI, p. 1-4, 1 fig.
- 114 — Allocutions présidentielles et Rapport sur les Prix à la Société de Géographie. *La Géographie*, t. XXIII, p. 150, 155, et 468-475.
- 115 — (avec plusieurs collaborateurs) La Face de la Terre (Das Antlitz der Erde) par E. SUSS. Traduction et annotations. T. III, (2^e part.). Paris, Armand Colin, in-8^o, t. XII + 531-956, 124 fig., 2 cartes.
1912. 116 — Auguste MICHEL-LÉVY. Nécrologie. *Ann. Géogr.*, t. XXI, p. 84-85.
- 117 — Observations sur la feuille de Tignes de la nouvelle Carte de France au 50 000^e. *P.-V. Séances Comm. Topogr. Club alpin fr.*, p. 14-16.

- 118 — Rapport sur les Prix de la Société de Géographie. *La Géographie*, t. XXV, p. 373-375, 381.
- 119 — The debt of geographical Sciences to american explorers. Mem. vol. transcant. Excurs. 1912. New York, Americ. geogr. Soc. New York.
- 120 — Sur les découvertes faites par C. D. WALCOTT dans le terrain cambrien de l'Ouest du Canada. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 166.
- 121 — Liste des documents consultés pour l'étude de l'hypsométrie in Texte explicatif de la Carte générale bathymétrique des Océans, 2^e fasc. Cabinet scient. Prince de Monaco.
- 1912-30. 122 — Collaboration à : Carte générale bathymétrique des Océans, 2^e éd., Cabinet scient. Prince de Monaco, Paris, Erhard., 24 feuilles in-fol.
- 1913. 123 — Deux accidents cratériformes : Crater Lake (Oregon) et Meteor Crater (Arizona). *Ann. Géogr.*, t. XXII, p. 172-184, 3 fig.
- 124 — Rapport sur les Prix à la Société de Géographie. *La Géographie*, t. XXVII, p. 393-396 ; 399-401.
- 125 — La Carte géologique du Monde. Historique. État actuel. Projets d'avenir. *Ibid.*, t. XXVIII, p. 375-389.
- 126 — The geological map of the World. *C. R. 12^e sess. Congr. géol. intern., Canada*, p. 173-187.
- 127 — Discours prononcé à la cérémonie commémorative de F. A. FOREL, le 29 nov. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, 5^e sér., vol. 49. p. 327-328.
- 128 — (avec plusieurs collaborateurs) La Face de la Terre (Das Antlitz der Erde) par E. SUESS. Traduction et annotations, t. III, (3^e part.). Paris, Armand Colin, in-8^o, p. I-XI + 957-1360, 1 carte 2 pl., 92 fig.
- 129 — Rapport sur les travaux exécutés en 1911 par le Service géographique de l'Armée. *Comité Trav. hist. et sc., Bull. sect. Géogr.*, t. XXVIII, p. xcvi-ciii.
- 130 — Communications à la Commission de Topographie du Club alpin français. *P.-V.* 1913, p. 37.
- 1914. 131 — Discours prononcé au banquet offert à J. GOSSELET à Lille pour son élection à l'Académie des Sciences. *Ann. Soc. géol. Nord*, t. XLIII, p. 3-4 et *C. R. somm. S. G. F.*, p. 17-28.
- 132 — La carte internationale du Monde et la Conférence de Paris. *Ann. Géogr.*, t. XXIII, p. 97-108.
- 133 — Eduard SUESS. Nécrologie. *Ibid.*, t. XXIII, p. 371-373.
- 134 — Rapports sur les Prix à la Société de Géographie. *La Géographie*, t. XXIX, pp. 450-451, 453, 457, 459-460.
- 135 — Communications à la Commission de Topographie du Club alpin français. *P.-V.* 1914, p. 12.
- 136 — Procès-verbaux de séances de la 2^e Conférence internationale (Carte du Monde au 1 000 000^e). Paris, Serv. géogr. de l'Armée, 150 p., 4 pl.
- 137 — Rapport sur les travaux exécutés en 1912 par le Service géographique de l'Armée. *Comité Trav. hist. et sc., Bull. sect. Géogr.*, t. XXIX, p. xxi-xxvi.
- 138 — Communications à la section de Géographie du Comité des Travaux historiques et scientifiques. *Ibid.*, t. XXIX p. vii-ix.

1915. 139 -- *Id., Ibid.*, t. XXX, pp. 5-6, VII, XIV, XVII, XXXIX, LXII, LXXV-LXXVI.
- 140 -- Sur les charriages découverts dans le Wyoming (États-Unis) par A. R. SCHULTZ, à propos d'une lettre de E. A. RITTER. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 7-8.
- 141 -- Rapport sur l'attribution du Prix Prestwich à L. BERTRAND. *Ibid.*, p. 46-54.
- 142 -- Observations à propos d'une note de W. KILIAN sur la présence de galets de variolite dans les conglomérats burdigaliens des environs de Grenoble. *Ibid.*, p. 78-79.
- 143 -- Rapport sur les Prix à la Société de Géographie. *La Géographie*, t. XXX, pp. 323-324, 328.
- 144 -- La Géologie in La Science française. T. I. Paris, Larousse, p. 201-264, 1 pl.
- 145 -- Correction et mise à jour du Catalogue des périodiques de la Bibliothèque de la Société géologique de France. Paris, Soc. géol. de France.
- 146 -- F. PRUDENT. Nécrologie. *Ann. Géogr.*, t. XXIII-XXIV, p. 450-451.
- 147 -- J. VIDAL DE LA BLACHE. Nécrologie. *Ibid.*, t. XXIII-XXIV, p. 451-452.
1916. 148 -- Lettre à un Professeur suisse-allemand, correspondant de l'Institut de France. Paris, 4 p., hors-commerce et *Rev. crit. Paléozoologie*, t. XX, p. 1-4.
- 149 -- Rapport sur les Prix et allocution présidentielle à la Société de Géographie. *La Géographie*, t. XXXI, p. 218-220 et p. 378.
- 150 -- Lucien MARC. Nécrologie. *Ann. Géogr.*, t. XXV, p. 231-232.
- 151 -- Sur le sens des charriages dans les Pyrénées catalanes, à propos d'une note de M. DALLONI. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 143.
- 152 -- Sur le rôle que jouent les « Commissions de réception » dans certains services géologiques étrangers. *Ibid.*, p. 177.
1917. 153 -- Vœux présentés au Congrès national du Livre. *Bibl. France*, 2^e sér., n° 12, p. 75-76.
- 154 -- Lettres échangées, au sujet de la guerre européenne avec A. HEIM. Paris, Impr. Hemmerlé, 4 p., hors comm.
- 155 -- Rapport sur l'attribution du Prix Gaudry à C. D. WALCOTT. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 101-106.
- 156 -- Commentaire de quelques cartes récentes, publiées par le Service géologique des États-Unis (1915). *Comité Trav. hist. et sc., Bull. sect. Géogr.*, t. XXXII, p. 265-300, 2 fig., 2 cartes.
- 157 -- Notice sur les Travaux scientifiques publiés de 1882 à 1917 par E. DE MARGERIE. Paris, Gauthier-Villars, 68 p.
- 158 -- Rapport sur les Prix à la Société de Géographie. *La Géographie*, t. XXXI, p. 49-59.
1918. 159 -- *Id., Ibid.*, t. XXXII, p. 261-265.
- 160 -- Atlas in Enquête sur les richesses minérales du NE de la France et des régions voisines. Paris, Serv. géogr. Armée, in-folio, 1 p., 10 pl.
- 161 -- (avec plusieurs collaborateurs). La Face de la Terre (Das Antlitz der Erde), par E. SUSS, t. III, (4^e part. et tables générales). Paris, Armand Colin, in-8°, p. I-XVI + 1361-1724, 1 portr., 2 pl., 2 cartes, 115 fig. et 258 p.

- 162 — Alph. BIOCHE. Nécrologie. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 101.
- 163 — Le Baron HULOT. Nécrologie. *Comité Trav. hist. et sc., Bull. sect. Géogr.*, t. XXXIII, p. xxxvi.
- 164 — Observations à propos de deux notes de H. DOUVILLÉ sur la géologie des Hautes-Pyrénées. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 152-153.
- 165 — Lettre à G. K. GILBERT à l'occasion de son 75^e anniversaire. *Ibid.*, p. 101-102.
1919. 166 — Allocution présidentielle. *Ibid.*, p. 3-9, 1 pl.
- 167 — Nouvelles recherches de M. WALCOTT sur les faunes cambriennes des Montagnes Rocheuses. *Ibid.*, p. 17.
- 168 — Observation à la note de R. CHARPIAT sur l'établissement d'une carte hydro-géologique de la France. *Ibid.*, p. 21.
- 169 — Observation à la note de E.-C. ABENDANON sur les grands plis de l'écorce terrestre. *Ibid.*, p. 91-92.
- 170 — Observation à la note de H. DOUVILLÉ sur une coupe géologique des environs de Chamonix. *Ibid.*, p. 133.
- 171 — Communications à la section de Géographie. *Comité Trav. hist. et sc., Bull. sect. Géogr.*, t. XXXIV, pp. xxvii, xxix-xxx.
- 172 — Remerciements pour la remise de la médaille Cullum (Soc. amér. de Géogr.). *Geogr. Rev.*, vol. VII, p. 416-417.
1920. 173 — Allocutions présidentielles. *C. R. somm. S. G. F.*, pp. 4-7, 57-60.
- 174 — Le bassin houiller de la Sarre et ses prolongements. Paris, Impr. Nationale, in-4^o, 24 p., 2 pl., 3 fig.
1921. 175 — Benjamin SMITH LYMAN. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 7-8.
- 176 — Le 13^e Congrès géologique international en Belgique. *Ibid.*, p. 204.
- 177 — Remerciements pour la remise de la médaille Lyell (Soc. géol. Londres). *Quart. Journ. geol. Soc. London*, vol. LXXVII, *Proceedings*, p. I-LI.
- 178 — Une nouvelle Géographie humaine de la France. *Ann. Géogr.*, t. XXX, p. 379-383.
- 179 — Communications à la section de Géographie. *Comité Trav. hist. et sc., Bull. sect. Géogr.*, t. XXXVI, p. xxvii-xxviii.
1922. 180 — *Id.*, *Ibid.*, t. XXXVII, pp. xxxiii, xxxix, xlii, xlii, xlix.
- 181 — Une nouvelle carte géologique du Monde. *Ann. Géogr.*, t. XXXI, p. 109-131.
- 182 — Participation au 13^e Congrès géologique international. *C. R. 13^e sess. Congr. géol. intern., Belgique*, 1^{er} fasc., pp. 86-97, 126-127, 141-142.
- 183 — Le Jura, 1^{re} part. *Mém. Expl. Carte géol. France*, in-4^o, xii + 642 p., 183 fig., 12 pl.
1923. 184 — Remerciements pour la remise de la médaille Mary Clark Thompson (Nat. Ac. Sc. Washington). *Science*, vol. LVII, p. 603-605.
- 185 — Notice sur l'activité du Service de la Carte géologique d'Alsace et de Lorraine de 1919 à 1922. *Bull. Serv. Carte géol. Als.-Lorr.*, t. I, fasc. 2, p. I-VIII.
- 186 — Vœu pour l'exécution d'une nouvelle carte de France par le Service géographique de l'Armée. *Comité Trav. hist. et sc., Bull. sect. Géogr.*, t. XXXVIII, p. lxxviii-lxxix, lxxi-lxxii.
1924. 187 — Téthys et Mésogée, à propos d'un article de J. DE MORGAN. *Ibid.*, t. XXXIX, p. xxvii.

- 188 — Commentaire de l'Atlas of Colorado (1877). *Ibid.*, t. XXXIX, *Mém.*, p. 1-80, 8 fig., 7 cartes, 4 portr.
- 189 — Une mission d'enseignement géologique aux États-Unis. Liège, Livre jubilaire Soc. géol. Belgique, p. 215-226.
1925. 190 — L'œuvre géographique de F. SCHRADER. *C. R. Congr. intern. Géogr.*, Le Caire, t. II, p. 37-51, pl. I-IX.
- 191 — Présidence de la Réunion extraordinaire en Alsace. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 182-196.
1926. 192 — La Société Ramon de 1916 à 1923. *Comité Trav. hist. et sc.*, *Bull. sect. Géogr.*, t. XLI, p. cv-cix.
- 193 — L'époque glaciaire dans l'Himalaya d'après G. DAINELLI. *Ann. Géogr.*, t. XXXV, p. 553-559.
- 194 — L'œuvre des Géographes français depuis cent ans. *Bull. Soc. r. belge Géogr.*, t. L, p. 199-215.
- 195 — Rapport sur la publication de l'œuvre géologique de M. BERTRAND. *C. R. 14^e sess. Congr. géol. intern.*, Espagne, 1^{er} fasc., p. 179-180.
- 196 — Rapport de la Commission de la Carte géologique internationale de l'Afrique. *Ibid.*, 1^{er} fasc., p. 181-183.
1927. 197 — Discours lors de l'apposition d'une plaque commémorative sur la maison natale de RAMOND. *Journal de l'Est*, 31 mai et *Bull. sect. Géogr.*, t. XLII, p. LXII.
- 198 — Communications à la section de Géographie. *Comité Trav. hist. et sc.*, *Bull. sect. Géogr.*, t. XLII, pp. VII, XXIII, LIX.
- 199 — Discours aux funérailles de Émile HAUG. Hendaye, Impr. de l'Observatoire d'Abbadia, 4 p.; reproduit in *In memoriam Emile HAUG*. Strasbourg, Impr. alsacienne, p. 9-15 et in *Notices et Discours*, t. I. Paris, Ac. Sc., p. 157-162.
- 200 — Recueil des « Œuvres géologiques » de Marcel BERTRAND, t. I. Paris, Dunod, in-8°, xxii + 712 p., 12 pl., 1 portr., 184 fig.
- 201 — Rapport sur l'état de la publication des Œuvres géologiques de M. BERTRAND. *C. R. Ac. Sc.*, t. 185, p. 821-823.
1928. 202 — Géologie in Catalogue de Livres choisis, 3^e éd. Paris, Soc. Bibliogr. et Ed. Spès, p. 111-121.
- 203 — L'œuvre de Sven HEDIN et l'orographie du Tibet. *Comité Trav. hist. et sc.*, *Bull. sect. Géogr.*, t. XLIII, *Mém.*, p. 1-139, 1 portr., 28 fig. et *Bull.*, t. XLIII, pp. xx, xxiv.
- 204 — Communications à la section de Géographie. *Ibid.*, t. XLIII, pp. LXXI-LXXII, LXXVI, CII.
- 205 — Recueil des « Œuvres géologiques » de M. BERTRAND, t. II. Paris, Dunod, p. xxiii-xl + 714-1396, pl. XIII-XXIX, fig. 185-369.
- 206 — Participation au Congrès international géographique. *Proc. intern. geogr. Congr.*, Cambridge, pp. 152-, 399-400, 408, 410, 485, 508.
- 207 — Thomas Chrowder CHAMBERLIN. Nécrologie. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 277.
1929. 208 — Deuxième rapport sur la publication des Œuvres géologiques de M. BERTRAND. *C. R. Ac. Sc.*, t. 188, p. 1021-1022.
- 209 — Observations à une note de P. LEMOINE sur la géologie de la région entre Meaux et Villers-Cotteret. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 86-87.

- 210 — Communications à la section de Géographie. *Comité Trav. hist. et sc., Bull. sect. Géogr.*, t. LXIV, pp. VIII, XV, XVI, XIX.
1930. 211 — *Id., Ibid.*, t. XLV, pp. XVI, XX, LXXVII-LXXVIII, CIII.
- 212 — La Société géologique de France de 1880 à 1929. Paris, Livre jubilaire Soc. géol. France, t. I, p. 1-82, pl. I-XX.
- 213 — Y. T. CHAO. Nécrologie. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 70.
- 214 — Observation à la note de P. LAMARE sur la structure des pays limitrophes de la Mer Rouge et du golfe d'Aden. *Ibid.*, p. 72.
- 215 — Remerciements pour la remise de la médaille Victoria (Soc. géogr. Londres). *Geogr. Journ.*, vol. LXXVI, pp. 182, 189-190.
- 216 — Discours aux funérailles de P. TERMIER. Hendaye, Impr. de l'Observatoire d'Abbadia, 6 p.; reproduit in In memoriam Pierre TERMIER. Paris, Dunod, p. 3-10; in *Notices et Discours*, t. I. Paris, Ac. Sc., p. 317-322 et in *Ann. Mines, Mém.*, 12^e sér., t. XVIII, p. 145-150.
- 217 — Collaboration à : Carte géologique murale de l'Alsace et de la Lorraine au 200 000^e. Strasbourg, Serv. géol. Als.-Lor.
- 218 — Pierre TERMIER. Nécrologie. *Ann. Géogr.*, t. XI, p. 98-100.
1931. 219 — Observation à la note de G. DENIZOT sur le rôle du diapirisme dans la tectonique des environs de Marseille. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 83-84.
- 220 — Recueil des « Œuvres géologiques » de M. BERTRAND, t. III. Paris, Dunod, in-8°, p. XLI-LIII + 1401-1946, pl. XXXI-XXXV, fig. 370-391.
- 221 — Les dernières feuilles de la carte générale bathymétrique des Océans (panneau du Pôle Nord). *C. R. Ac. Sc.*, t. 192, p. 1689-1694 et *Bull. Inst. Océanogr.*, n° 580, p. 1-6.
- 222 — Observations aux communications de W. L. G. JOERG et E. ROMER. *C. R. Congr. intern. Géogr., Paris*, t. I, p. 245-246.
- 223 — Communications à la section de Géographie. *Comité Trav. hist. et sc., Bull. sect. Géogr.*, t. XLVI, pp. XI, XVII, XXIII.
1932. 224 — *Id., Ibid.*, t. XLVII, pp. VII-VIII, XVIII, XIX-XX, XLIV, LVII.
- 225 — Résumé d'une notice de L. MARTIN sur les cartes anciennes de l'Amérique du Nord figurant à l'Exposition coloniale de Vincennes. *Ibid.*, t. XLVII, p. xxxv-xxxvi.
- 226 — Troisième et dernier rapport sur la publication des Œuvres géologiques de M. BERTRAND. *C. R. Ac. Sc.*, t. 194, p. 28-39.
1933. 227 — La Géologie in La Science française, nouv. éd., t. I. Paris, Larousse, p. 199-267.
- 228 — Notice sur l'activité du Service de la Carte géologique d'Alsace et de Lorraine de 1923 à 1931. *Bull. Serv. géol. Als.-Lor.*, t. II, fasc. 1, p. v-xvi.
- 229 — Communications à la section de Géographie. *Comité Trav. hist. et sc., Bull. sect. Géogr.*, t. XLVIII, pp. xxiv, lxxx.
1934. 230 — *Id., Ibid.*, t. XLIX, pp. VII-VIII, xxiv, xxxiii, LI, LVIII-LIX, xci-xcv.
- 231 — Les Vosges et le Jura. Club alpin français, manuel d'alpinisme, t. I, part. scient., Chambéry, Dardel, p. 347-360.
- 232 — W. M. DAVIS. Nécrologie. *C. R. Ac. Sc.*, t. 198, p. 1281-1283.
- 233 — La méthode des courbes structurales et la tectonique du Colorado. Vol. jubilaire du Professeur ROMER. Lwow, p. 617-643, 2 fig., pl. 9.

1935. 234 — Victor JACQUEMONT dans l'Himalaya (1830-1831). Vol. jubilaire de Sven HEDIN, *Geografiske Annaler*, vol. XVII, p. 394-412, 9 fig.
- 235 — Discours prononcé au Cinquantenaire de la Société géologique suisse. *Ecl. géol. Helv.*, vol. 28, p. 476-478.
- 236 — Communications à la section de Géographie et Remarques à diverses communications. *Comité Trav. hist. et sc.*, *Bull. sect. Géogr.*, t. L, pp. xviii, xxvii, xxxvii, lxxvi et xlvi-L, LV, LVII.
1936. 237 — *Id.*, *Ibid.*, t. LI, pp. xiii, xv, xx, lxxix, lxxxiii.
- 238 — Le Jura, 2^e part. *Mém. Expl. Carte géol. France*, in-4^o, p. xiv xxxv + 645-1542, fig. 184-444, 19 pl.
- 239 — Observation à la note de R. LAFFITTE sur l'Aurès (Algérie). *C. R. somm. S. G. F.*, p. 79.
- 240 — A propos d'un ouvrage récent du Dr LAUGE KOCH. *Ibid.*, p. 97.
1937. 241 — C. R. critique de « Les Pyrénées » de F. SCHRADER. *La Montagne*, n^o 286, p. 55-60, 4 fig.
- 242 — Collaboration au titre de Secrétaire général de la Commission à : Carte géologique internationale de l'Afrique au 5 000 000^e, feuille 1. Paris, Bureau Ét. géol. et min. colon.
- 243 — Discours de clôture au Congrès des Sociétés savantes à Paris. Paris, Imprimerie Nationale, p. 13-31 ; reproduit in *Bull. sect. Géogr.*, t. LII, p. xxxviii-LI et in *Rev. intern. Enseign.*, 57^e ann., p. 203-217.
- 244 — Jubilé de Marcellin BOULE. *Anthropol.*, t. XLII, p. 593-595.
- 245 — Communications à la section de Géographie. *Comité Trav. hist. et sc.*, *Bull. sect. Géogr.*, t. LII, pp. xii, xvi, xix, xxii, xxv, xxvi, LX-LXI, LXXIII, LXXIII, LXXVII-LXXVIII.
1938. 246 — *Id.*, *Ibid.*, t. LIII, pp. xxv, xxx, liii, liv, lxix.
- 247 — Notice sur les travaux scientifiques d'Emm. DE MARGERIE, 2^e éd., Mâcon, Protat, 216 p.
1939. 248 — Waldemar LINDGREN. Nécrologie. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 205.
- 249 — (avec M. RAJEHMANN) Carte de France au 2 500 000^e, Géologie n^o 7, in Atlas de France. Paris, Comité nat. de Géographie.
- 250 — Communications à la section de Géographie. *Comité Trav. hist. et sc.*, *Bull. sect. Géogr.*, t. LIV, pp. xvii, xlix.
1940. 251 — *Id.*, *Ibid.*, t. LV, pp. xxi, xxvi et xlii-xci (C. R. d'ouvrages).
- 252 — Note bibliographique sur la collection des *Meddelelser om Grönland*. *Ibid.*, t. LV, *Mém.*, p. 61-85.
- 253 — A. G. HÖGBOM. Nécrologie. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 21.
- 254 — Rapport sur l'attribution du Prix Albert I^{er} de Monaco à R. BOURGEOIS. *C. R. Ac. Sc.*, t. 211, p. 730.
1941. 255 — L'atlas de l'Asie centrale à l'échelle du millionième du Dr Sven HEDIN. *Ibid.*, t. 212, p. 417-418.
1943. 256 — Critique et Géologie. Contribution à l'histoire des Sciences de la Terre (1882-1842). Paris, Armand Colin, in-4^o, t. I, p. i-xx + 1-658, 250 fig. dont 44 portr., bibl.
1946. 257 — *Id.*, Paris, Armand Colin, t. II, p. xxv-xxxix + 661-1156, 135 fig., portr., bibl. ; t. III, p. xlv-lviii + 1157-1714, 168 fig., portr., bibl.
1947. 258 — Trois moments dans l'histoire de l'étude des Alpes suisses : DE SAUSSURE, STUDER, Alb. HEIM. *Comité Trav. hist. et sc.*, *Bull. sect. Géogr.*, t. LVIII, 39 p., 31 fig.

- 259 — L'œuvre d'Henri BÉRALDI, historien du pyrénéisme. *Ibid.*, t. LVIII, p. 69-89.
1948. 260 — Critique et Géologie. Contribution à l'histoire des Sciences de la Terre (1882-1942). Paris, Armand Colin, t. IV, p. LXIII-LXIX + 1715-2107, fig., portr., bibl.
1949. 261 — Alexandre DE HUMBOLDT et les volcans des Andes. *Ann. Hébert et Haug*, t. VII, Livre jub. CH. JACOB, p. 275-286, 12 fig.
1952. 262 — Carte géologique internationale de l'Afrique. *C. R. Ac. Sc.*, t. 235, p. 591-592.
- 263 — François Antoine Alfred LACROIX 1863-1948. *Obit. Not. Fell. Roy. Soc., London*, 13 p., 1 portr.
- 264 — Études américaines. Géologie et Géographie. Paris, Armand Colin, t. I, 294 p., 39 fig.
1954. 265 — *Id.*, Paris, Armand Colin, t. II.
-



L. = Lugeon

1870 - 1953

MAURICE LUGEON

(1870-1953)

PAR **Paul Fallot**¹.

UN PORTRAIT².

Comme l'on galvaude le mot d'héroïsme, l'on emploie sans discernement celui de génie.

Le vrai génie, nous sentons ce que c'est, mais les philosophes n'ont su que balbutier en voulant définir son pouvoir de création, sa faculté de tirer des conceptions nouvelles de faits que tous ont pu observer mais sans en pénétrer le sens profond, son don d'ouvrir des voies neuves à l'esprit ou à l'art.

Cette intuition créatrice, M. Lugeon en fut doué et je crois que, des géologues, il est le seul qui ait eu vraiment du génie.

La flamme fulgura dès sa trentième année. Mais elle couvait depuis sa juvénile vocation. D'où lui vint-elle ?

Au pied du Jura vaudois règne une zone dont les plis adoucis sont en partie masqués de formations alluviales et glaciaires. Dans un de ces synclinaux de molasse, le village de Chevilly s'étend non loin des forêts.

Avec ses terres, il constituait depuis 1623 une seigneurie à part qu'en 1793 Wolfgang Charles de Gingins, baron de la Sarraz, vendit 31 000 florins à ses propres habitants, répartis en 42 familles. A la génération suivante, parmi les bourgeois de la localité, naquit en 1818 David Lugeon qui devint sculpteur et vécut longtemps à Paris où il épousa une jeune fille d'origine normande. Des cinq enfants qui naquirent, Raphaël, devint sculpteur. Le cadet, Maurice, né à Poissy le 10 juillet 1870, allait devenir le créateur de la tectonique moderne.

David Lugeon faisait partie de l'équipe des artistes de Viollet-le-Duc. Avec lui, il a travaillé à l'église de Poissy, aux sculptures de la Sainte Chapelle, aux chimères de Notre-Dame. En 1876, le grand architecte, appelé à diriger la réfection de la cathédrale de

1. Notice lue à la séance du 31 mai 1954.

2. Photo de Jongh, Lausanne 19 nov. 1936. — M. Lugeon à 66 ans.

Lausanne, l'emmena avec un autre sculpteur. Ainsi se créa un lien entre la famille Lugeon et le splendide édifice gothique. David, durant des années, en cisela de nombreux motifs. Son fils, Raphaël, plus tard, devait à son tour sculpter une partie des personnages du porche. Parmi ceux-ci, il donna dévotieusement, selon la tradition des artistes du moyen âge qu'il continuait si bien, les traits barbus et fins de son père à l'un des prophètes ; le prophète voisin est l'image de Viollet-le-Duc, le suivant, à gauche, Eugène Renevier.

Maurice Lugeon dont l'enfance avait palpité autour de ses ogives s'y fiança et en fit un lieu de pèlerinage pour sa jeune femme ; à l'Université, toute sa vie scientifique évolua à l'ombre du monument. Le lien se dénoua enfin le 26 octobre 1953, lorsque son corps y fut porté, avant de partir vers le cimetière de Chevilly.

Voici donc, dès 1876, la famille Lugeon fixée à Lausanne qu'elle ne devait plus quitter, mais où, alors pas plus qu'aujourd'hui, l'art pur ne conférait la richesse. Maurice, sitôt sa sixième terminée, dut quitter l'école et, par relation de cousinage, il obtint un petit emploi dans une banque locale. Un de ses frères n'était-il pas à Paris chez un agent de change ? Son modeste rôle ne lui permit pas d'apprendre la finance, mais peut-être ce fut-il son acquit d'alors qui, joint à ses hérédités maternelles normandes, se manifesta lorsque, beaucoup plus tard, il participa avec autorité à divers conseils d'administration.

Avant de quitter l'École Industrielle il avait, âgé de dix ans, été au Salève avec sa classe, et cette excursion paraît bien avoir décidé de sa vocation de géologue.

A douze ans, fréquentant le Musée de Géologie, alors installé à côté de la Cathédrale, il y apprend d'un original nommé Leresche à déterminer des minéraux et des plantes, puis un préparateur de Chimie de l'Académie de Lausanne, Ernest Chuard — qui, plus tard, devint Président de la Confédération helvétique — lui fait don d'une petite collection de minéraux.

Ainsi, le jeune apprenti banquier s'adonnait-il à l'histoire naturelle durant ses heures de liberté et, du reste aussi, durant ses heures de bureau...

Au Musée, Eugène Renevier, stratigraphe fort renommé à la fin du ^{xix}^e siècle, Renevier, dis-je, s'intéressa au jeune naturaliste. Il employait alors comme Préparateur un instituteur en congé, Théophile Rittener, dont le nom devait figurer honorablement dans la géologie suisse, et qui travaillait sous sa direction à des levers géologiques en Savoie. Rittener emmena l'adolescent

sur le terrain et ce fut, à quinze ans, le premier contact de Lugeon avec ce métier de cartographe où il allait exceller. A la fin de 1886, Rittener, rappelé à son poste par l'Administration, libéra la place que Renevier offrit à Maurice Lugeon. Soixante-dix francs par mois représentaient pour l'enfant un pactole. Il voulut aussitôt parfaire ses études, regagner le temps perdu, entrer au Gymnase. Mais il avait trop présumé de ses forces. Un échec le retarda d'un an. L'année suivante il était reçu. Mais ce n'est qu'à vingt ans qu'il fut bachelier.

Durant cette période il n'avait pu assurer son service et dut chercher d'autres emplois. Après sa maturité, c'est-à-dire l'équivalent de notre second bachot, il en trouva un au Musée de Botanique. Cette circonstance explique pourquoi Lugeon, géologue, stupéfiait toujours ses élèves ou ses confrères par ses connaissances florales. Même, il fit plus que de classer et de déterminer; il fut chargé d'aller à Zermatt pour y recueillir des Lichens. Si ceux-ci furent déterminés à Genève, Lugeon en fit l'étude microscopique, apportant de nouvelles preuves à la théorie, alors toute récente, de la nature symbiotique de ces organismes.

Mais le problème matériel demeura fort ardu tant qu'il ne fut pas licencié. Le jeune homme dut subvenir à ses besoins en faisant mille petits travaux. La critique théâtrale à quelques sous la ligne lui réussit assez bien jusqu'au jour où il fut, hélas, remercié pour avoir fait avec enthousiasme un article sur une représentation qui n'avait pas eu lieu.

Durant ces années rudes et heureuses, l'adolescent a déjà publié ses premiers travaux. En 1887, il présentait à la Société vaudoise des Sciences naturelles la découverte de plantes fossiles recueillies dans la molasse de Lausanne, illustrée d'une belle planche dessinée par lui, puis une mâchoire de Didelphe du Rhétien des Avants. En 1889, il avait publié avec H. Gollier, et sous l'humble qualification d'aide-préparateur, un mémoire sur des Chéloniens trouvés dans la molasse langhienne de Lausanne. Ces hors-d'œuvre scientifiques ont donc préludé à son baccalauréat, passé en 1890. Il fut licencié en 1893. Mais, déjà dès 1891, Renevier l'avait emmené dans ses randonnées et bientôt un hasard favorable lui permit de le reprendre près de lui. Tout l'été, le jeune géologue travaillait sur le terrain, ne fréquentant l'Université qu'en hiver. Et ce terrain où il allait devenir célèbre, c'était la Savoie où Renevier, comme Auguste Jaccard du Locle, faisait des levers pour le Service de la Carte géologique de France.

Voilà le jeune Lugeon développant aussitôt son talent d'observation et ce don extraordinaire — qui est aussi un des facteurs

du génie — de s'étonner de tout, même de ce qui paraît courant, de considérer toute chose avec la fraîche et candide curiosité de l'enfant impubère qui va à la conquête de la connaissance et veut tout s'expliquer.

Dans les montagnes, il observe des séries stratigraphiques et des contacts bizarres. La science d'alors a un mot magique pour expliquer sans fatigue ces contacts : faille. Mais lui veut aller au fond des choses : au fond des choses, il trouve des contacts anormaux et des recouvrements.

Dès 1893, il montre ses découvertes à la Société helvétique des Sciences naturelles, non sans susciter de vives discussions. Il se fait traiter de révolutionnaire. Et cette étiquette, qui lui est restée, n'était pas pour lui déplaire.

Renévier, stratigraphe, ne sonde pas volontiers les mystères de la tectonique. Il tient la paléontologie pour une science plus fermement établie et envoie son élève passer le semestre d'hiver 93-94 à la Ludwig Maximilians Universität de Munich, chez le célèbre Karl von Zittel. Au contact de la gravité germanique, Lugeon ne sut pas toujours réfréner un esprit primesautier qui fit quelque scandale. Mais il s'est souvent félicité de ce stage auprès du grand paléontologiste.

Il ne se privait du reste pas de poursuivre ses méditations et revint avec joie à son terrain savoyard.

A cette époque, Albert Heim, de Zurich, a décrit beaucoup de contacts anormaux dans son « Mechanismus der Gebirgsbildung ».

La notion de recouvrement existe déjà. On en use avec des vues limitées et désordonnées. C'est Lugeon qui va apporter la clarté, non seulement sur les problèmes locaux mais sur de plus vastes régions.

Le 11 décembre 1895, il présente sa thèse intitulée « La région de la Brèche du Chablais ». Cette thèse n'est que la moitié stratigraphique d'un mémoire qui allait former le 49^e *Bulletin du Service de la Carte géologique de France*, et valoir à son auteur l'audience des plus grands géologues.

Nommé Privat-Docent en 1897 et sa situation assurée, M. Lugeon épousa, le 19 octobre, M^{lle} Ida Welti, s'alliant ainsi à une famille importante de Suisse et au grand paléobotaniste, Oswald Heer, dont sa jeune femme était la petite-nièce. Cinquante-six ans durant, elle allait illuminer son foyer de son agissante bonté, créer autour de son mari l'atmosphère propre à faciliter son immense labeur scientifique, et partager avec sérénité succès, soucis et épreuves. Nul ne saura dire son rôle, ni la façon dont elle sut adoucir les ultimes années, quand des forces physiques déclinantes

trahirent l'esprit toujours actif du Maître, ni sa charité et son élévation d'esprit.

Puisse-t-elle, puisse aussi son fils Jean, Directeur de la Station centrale suisse de Météorologie, — que M. Lugeon eut la joie de voir devenir un savant de renommée mondiale — trouver ici l'expression de la part que tous, jeunes ou vieux, dans cette Société, prennent à leur deuil.

Cette union, qui donnait un foyer au jeune géologue bouillonnant d'idées, ne lui fit pas négliger ses devoirs scientifiques, et ses œuvres fondamentales allaient paraître coup sur coup.

En 1898, nommé Professeur extraordinaire à l'Université de Lausanne, il révolutionnait la Géographie par sa leçon inaugurale ; en juillet 1900, il donnait son mémoire sur les dislocations des Bauges ; en 1901, il exposa, devant la Société géologique de France, des vues qui allaient changer toute la tectonique et ouvrir de nouveaux horizons à la géologie.

Ces mémoires sont le fruit d'investigations acharnées. Mais surtout c'est l'éblouissant témoignage d'un génie qui, en sept ans, créa la tectonique moderne.

Le jeune homme qui n'avait été bachelier qu'après vingt ans devenait à trente et un ans célèbre dans le monde entier.

Qu'apportait cette suite fulgurante de travaux ?

L'étude de la Brèche du Chablais comporte d'abord, fondement de toute tectonique, une analyse stratigraphique poussée. Les gypses qui, avec leur cortège de cargneules, jouent un si grand rôle étaient tenus jusqu'alors pour éocènes ou jurassiques. Lugeon établit leur âge triasique. Il plaça par raisonnement la Brèche du Chablais dans le Jurassique et distingua le Flysch secondaire et tertiaire.

Ses descriptions sont concises, ses croquis sans apprêt mais clairs. Chemin faisant, il précise que c'est un enduit de Lichens des genres *Lecanora* et *Verrucaria* qui empêche d'observer les Diplopores à la surface du Trias du versant valaisan. Vous croyez à quelque coquetterie ? — Non. Ces noms lui viennent tout naturellement. Ne fut-il pas botaniste dix ans plus tôt ?

La stratigraphie et la tectonique si complexes des environs de Praz de Lys sont analysées, la position du Crétacé supérieur sous le Carbonifère de Taninges, découverte dès 1892 et montrée à Marcel Bertrand et à Michel-Lévy, alors incrédules, est décrite. Au col de Golèze, le Flysch avec un lambeau de Crétacé rouge s'enfonce au NW sous le Trias.

Ces contacts et positions si contraires à l'ordre stratigraphique, il faut les expliquer.

Après des études de grand détail, Lugeon conclut que toute la série de la Brèche du Chablais, avec son Trias de base, chevauche en une énorme masse, longue de 35 km et large de 14, sur tout son pourtour, les terrains plus récents du voisinage.

Deux hypothèses. Dans la première, à la mode de l'époque, l'on suppose que le massif de la Brèche, déversé sur tout son pourtour, résulte d'un pli en champignon. C'est l'idée de Haug et de Michel-Lévy. Il en souligne l'indigence. Dans l'autre, qui rejoint les vues de Marcel Bertrand, la région de la Brèche n'a pas de racines visibles. « Elle constitue une nappe de recouvrement dont l'attache n'existerait plus. »

Tranquille dans son ensemble, elle repose dans un berceau formé par une série autochtone ou parautochtone, couverture du Cristallin qui affleure dans le massif des Aiguilles Rouges et dont les termes récents correspondent au Flysch et à la molasse rouge. Cette série inférieure est affectée d'un pli couché qui, dans le massif des Dents du Midi, constitue l'amorce occidentale des plis similaires des Hautes Alpes calcaires dont, à l'époque, seul le plus inférieur, celui de la Dent de Morcles, est connu. Le massif de la Brèche, dit Lugeon, fut associé dans son déplacement à des éléments qui prolongent, au S, les Préalpes. Et il supporte un Flysch, notamment aux Gets, qui, plus tard, fut considéré comme étranger à la nappe de la Brèche.

Ces vues d'ensemble sur le Chablais ne suffisent pas à M. Lugeon. Il cherche ce qu'il advient de sa nappe entre Rhône et Aar.

Après avoir montré que les plis de la rive gauche de l'Arve sont affectés d'un abaissement d'axe et disparaissent avec leur épais manteau de Flysch sous les Préalpes, *s. lato*, il souligne que « les plis des Hautes Alpes calcaires disparaissent tour à tour sous les masses préalpines, quand on marche du Sud-Est vers le Nord-Ouest ».

Il esquisse les rapports du pli couché de Morcles avec l'écaille de Néocomien à Céphalopodes, sa prolongation par la nappe du Balmhorn, le rôle de la série des Diablerets — dont il indique déjà le style de grand pli couché — la position de la masse des Préalpes par rapport aux nappes des Hautes Alpes calcaires et des Préalpes externes. Déjà, dans ce mémoire écrit six ans après avoir achevé son bachot, l'on voit s'ébaucher la synthèse des Alpes suisses, la discrimination de leurs grandes unités tectoniques.

Il subsiste bien sûr des lacunes, des obscurités. Une constance extraordinaire va porter l'auteur à scruter durant toute sa vie la constitution géologique des Hautes Alpes calcaires et des Préalpes, pour parfaire sa connaissance de cet empilement d'unités dispa-

rates. Mais, dès le début, il a saisi aussi la grandeur du phénomène de charriage ainsi mis en évidence — et le besoin de comprendre les mécanismes tectoniques lui deviendra aussi impérieux que celui de donner, par l'analyse, une base ferme à ses synthèses.

Auguste Michel-Lévy vient de le charger de lever la région des Bauges. Voilà l'occasion d'étudier un type de dislocations tout différent, semble-t-il, et de comprendre la genèse de ses plissements.

On en connaissait bien les grandes lignes, mais comme il arrive si souvent, des tentatives prématurées de synthèses étaient venues compliquer les problèmes. Collingwood et Emile Haug avaient imaginé une série de « décrochements transversaux jouant jusque dans le socle cristallin ». Lors de l'étude des domaines plissés tertiaires, on exagère toujours, au début, la part des accidents du socle. C'est la phase du balbutiement tectonique.

Lugeon, par des levés précis, montre qu'à l'E des plis du Mont Joly s'évase le large synclinal du Reposoir où gisent les deux témoins complexes des Annes et de Sulens et que, plus à l'E, la série secondaire et tertiaire, nous disons maintenant la série de couverture, se répartit en 7 plis majeurs qui s'incurvent depuis l'Arve à l'amont de Bonneville où ils émergent sous le complexe des Préalpes, *s. lato*, jusqu'à l'Isère à l'amont de Montmélian.

Mais, si les décrochements profonds de Haug n'existent pas, il y a d'autres accidents que Lugeon met en évidence : des synclinaux transverses qui, entre deux culminations de chaînons anticlinaux, marqueront ce que, plus tard, dans son enseignement, il appellera du nom heureux et qui n'a guère eu la faveur, de transsynclinaux. Nous verrons l'usage qu'il fait de cette notion. Mais revenons à son mémoire, qui en moins de 120 pages est une grande œuvre.

Conformément à une règle qu'il s'imposera tout au long de sa carrière, le jeune Maître verse d'abord au débat les descriptions, les faits précis. Mais bientôt il s'élève à une synthèse qui dépasse le cadre géographique. Et cette 3^e partie — près du quart du volume — contient en germe de grandes notions qui vont éclairer toute la tectonique moderne. Ce sont la discrimination des âges respectifs des phases orogéniques ; la poussée tangentielle, plus intense à une certaine profondeur qu'en surface ; l'opposition du style et de la continuité des synclinaux comparés à ceux des anticlinaux ; la mise en évidence du phénomène des disharmonies de plissements ; l'ébauche, enfin, d'idées sur l'action de la gravité dans la genèse de certains types de plis.

Et Suess de lui mander, de sa fine écriture régulière :

« On tardera longtemps à vous comprendre, mais moi, je vous ai compris. »

Pendant qu'il mettait en évidence les transsynclinaux des Bauges, Lugeon s'avisait que si, là, s'inscrivaient certains tronçons du cours du Fier, du haut torrent d'Ugines et aussi le lac d'Annecy, ce n'était peut-être pas sans obéir à une loi valable ailleurs. Et voilà qu'il apporte à la Société de Géographie ses « Recherches sur l'origine de vallées des Alpes occidentales ». Qu'est-ce à dire ? un géologue qui s'occupe de géographie physique ? Bien sûr. Dans les pays étrangers qui sont, à cet égard, plus avisés que le nôtre, la géographie physique va de pair avec la géologie et est enseignée dans les mêmes chaires.

Ainsi, seulement, prend-elle tout son sens. Et c'est sans doute la raison de l'indigence de la géographie physique française moderne d'être traitée par des hommes de lettres qui n'ont ni esprit scientifique, ni pratique de la géologie. Sauf exception, un géographe français, primaire de la géologie, ne peut que broder des variations brillantes et fausses sur une science qu'il ne possède pas.

Inversement, le géologue français n'est pas morphologiste. En Suisse, il en est autrement. La morphologie s'explique d'une même haleine que la géologie et, sur le terrain, la préoccupation d'analyser tous les accidents topographiques attire la curiosité du géologue sur chacun d'eux. Lugeon ne séparait pas les deux points de vue. En France, il n'y a que la chaire de Géographie physique de la Sorbonne où cette liaison ait été soulignée et chez certains de nos meilleurs jeunes géologues de terrain l'on peut reconnaître l'influence heureuse qui, là, leur a rendu sensible l'étroite interdépendance de la morphologie et de la géologie.

Donc, Lugeon était à Lausanne statutairement géologue et géographe. Et voilà pourquoi, s'élevant au-dessus de la petite particularité locale, il se trouvait armé pour analyser les causes géologiques de tracés fluviaux aberrants. Sa leçon d'ouverture du cours de Géographie physique, donnée début 1898, éclairait ces phénomènes géologiques d'une lumière nouvelle. Quant à l'extension des notions qu'il développa, elle découlait d'une tradition de l'Académie des Sciences qui avait proposé au concours le sujet suivant : « Appliquer à une région de France ou à une portion de la chaîne alpine l'analyse des circonstances géologiques qui ont déterminé les conditions actuelles du relief et de l'hydrographie. »

J'ai feuilleté les 199 pages du manuscrit qui, daté du 15 mai 1900, figure dans les archives de l'Institut. Partie des Bauges et du Rhône, son enquête s'étend des vallées de l'Enns et de la Salzach au Grésivaudan.

La section de Minéralogie (Marcel Bertrand, Michel-Lévy, Fou-

qué, Gaudry, Albert de Lapparent) observe dans un rapport de deux pages : « Le mémoire de M. Lugeon... ne se contente pas de répondre au programme formulé. Il le dépasse et l'élargit au point de devenir une théorie générale de la genèse des Vallées alpines... Le travail de M. Lugeon mérite de compter parmi les meilleures études auxquelles la géomorphogénèse ait encore donné lieu. »

Le résumé de ce mémoire parut dans les *Annales de Géographie*.

Si l'idée majeure en est que les cours des rivières, transversaux à des plis, sont commandés par des transsynclinaux (Rhône à Martigny, Isère), l'auteur y met l'accent sur les variations de l'érosion en fonction des roches attaquées, sur le rôle des surimpositions. C'est en 50 pages, l'aperçu le plus riche sur les voies véritables de la géographie physique.

Quant à la fin de son manuscrit, on en retrouve l'essentiel dans cette petite merveille qu'est son mémoire « Sur la fréquence dans les Alpes de gorges épigénétiques et sur l'existence de barres calcaires de quelques vallées suisses ». La géologie, mariée à la morphologie, apporte là, en 35 pages et quelques planches, la solution de nombreux problèmes, entre autre celui de ce Kirchet dont sept excellents géologues du XIX^e siècle n'avaient pu débrouiller le mystère qu'en invoquant une mythique antécédence.

Dans la suite de sa carrière, M. Lugeon ne publiera plus souvent sur des aspects généraux de la morphologie. Toutefois, dans ses remarques sur le « Traité de Géographie physique » de de Martonne, dans ses études sur l'érosion et sur les bassins fermés de Suisse, dans son analyse des inversions de pente des cours d'eau et de la naissance d'ombilics ou des balancements de couches, transparaîtra toujours, sous-jacente à son œuvre de géologue, sa vigilante curiosité de tous les phénomènes géographiques.

Revenons à 1900. Le jeune géologue a étudié un pays autochtone et a démêlé le mécanisme de ses déformations; il a analysé le Chablais et entrevu l'extension de ses nappes vers la Suisse française où, à des nuances près, ses idées rejoignaient celles de son aîné Hans Schardt. Il a déjà porté ses pas dans le Tessin et aussi dans les encore mystérieuses Alpes pennines. Ses voyages, ses lectures, l'étude de la solution apportée par Marcel Bertrand au problème du double pli de Glaris, son goût pour les vues d'ensemble, l'entraînent à chercher les lois de la structure des Alpes helvétiques et des Préalpes... Cela se fait en deux étapes.

Il montre son point de départ en une mémorable excursion du 3 au 11 septembre 1901 à travers le Chablais, puis il aborde la synthèse.

Sur le terrain, Carez, alors Président de la Société, tire la con-

clusion du voyage : « Parmi les excursionnistes, beaucoup hésitaient à admettre les phénomènes compliqués que nécessite l'explication (de Lugeon). Mais il m'a semblé que chaque journée de course amenait une ou plusieurs conversions... Pour ma part, je n'hésite pas à dire que, venu avec l'idée que l'imagination avait joué un grand rôle dans les théories de M. Lugeon, je quitte au contraire le Chablais bien convaincu de la justesse des vues qu'il a exprimées. »

Et la synthèse, la synthèse gigantesque qui tient dans les 100 pages (723-822) du *Bulletin* de 1901, est celle qui régit, depuis, toute la tectonique alpine.

Il établissait, devant un auditoire nullement préparé à ces lumières fulgurantes, que de l'Arve à Salzbourg le front nord de la chaîne alpine est formé de grandes nappes superposées qui couvrent complètement le vrai front autochtone, caché en profondeur.

Ces pages, pierre angulaire de la géologie alpine, qui les lit, parmi les jeunes ? Elles ont si bien convaincu qu'on en accepte aujourd'hui la substance les yeux fermés. Mais quelle leçon de raisonnement et de clarté !

Lugeon pose comme prémices la nature charriée de la nappe de la Brèche et la réalité du pli couché de Morcles établie par Renevier. Il montre qu'une deuxième unité plus vaste, conservée grâce à une inclinaison axiale vers l'E, s'est superposée à la nappe de Morcles et forme celle des Diablerets. Plus loin, vers l'E, une troisième nappe plus vaste encore, toujours venue du S, monte du Valais pour plonger au N sous les Préalpes. Enfin une quatrième, alors dite des Wildstrubel, s'étale et se morcelle sur l'ensemble, pour plonger aussi dans la zone des Préalpes internes dont elle forme une des parties. Dans la suite, il décomposera cette série supérieure en plusieurs nappes laminaires dites par Heim « *ultra-helvétiques* ».

Utilisant ensuite les données fournies plus à l'E par Albert Heim et ses élèves, il assimile à ses Hautes Alpes calcaires, les massifs de Suisse alémanique et y voit des nappes qui vont se poursuivre diversement digitées, par les alentours du lac des Quatre Cantons jusqu'à former la vaste nappe composite du Säntis. Et il assimile aux Préalpes les débris morcelés qui forment le Stanserhorn, les Mythen, les Giswglерklippen, les klippen de Wildhaus.

Il les rattache, par ce jalon à la nappe du Falknis, dont il montre l'importance, et qui est ainsi nommément tenue pour préalpine. Si ce dernier point est contesté par des auteurs français, il reste admis par les géologues de Suisse alémanique.

C'est tout le tableau de la structure harmonieuse des Alpes qui,

féériquement, s'illumine, alors qu'avant ce prodigieux coup de projecteur, tous les éléments en paraissaient chaotiques et que les auteurs les plus connus en faisaient venir une partie du N, en la rattachant à cette fameuse chaîne vindélicienne qui n'a jamais existé que dans les traités.

Mais, poursuit Lugeon, où se trouvent les racines ? Et déjà il annonce : « Toutes ces nappes de recouvrement à faciès helvétique viennent de la première zone alpine, c'est-à-dire représentent la couverture sédimentaire des massifs cristallins tels que le Mont Blanc, le Finsteraarhorn et le Gothard. » Les autres viennent des régions plus internes. On peut suivre dans les Grisons le bord de la nappe du Rätikon. La nappe de Falknis et celle du Rätikon (disons de la Sulzfluh) représentent dans l'E ce que sont dans l'W les Préalpes médianes et la nappe de la Brèche du Chablais-Hornfluh.

Plus au S — au S de la zone des racines helvétiques — Lugeon, prophète, nous montre l'avancée de très grandes nappes de gneiss. A ce moment, rien n'avait été analysé de ces régions et Lugeon, n'interprétant que les anciens levers de Baltzer, dit à nos prédécesseurs : « tous les massifs cristallins du Monte Leone, du Tessin, de l'Adula, se terminent au Nord par de grands plis couchés. J'ai été moi-même, par comparaison, amené à modifier la coupe discutée du Massif du Simplon qui, au lieu d'un entrelacement de plis, est formé, au contraire par d'énormes plis couchés, poussés uniformément vers le Nord. » Ce propos est de 1901. C'est en 1905 que l'achèvement de la galerie du Simplon allait en faire éclater la vérité.

Ainsi, dit Lugeon, les régions profondes du gneiss ont été affectées des mêmes phénomènes de charriages...

Et de se préoccuper, dès cette aube de la géologie moderne, des conditions physiques qui ont permis le jeu plastique de ces masses cristallines déplacées et plissées dans des paroxysmes qui, pour lents qu'ils aient été, n'en ont pas moins nécessité une puissance formidable.

Ainsi, dans ce vaste aperçu qui est la Bible de la tectonique, Lugeon est-il le premier à dessiner, tel que nous le connaissons, le visage des Alpes.

Avec une connaissance critique de tout ce que l'on a décrit à son époque et une prescience qui tient du prodige, non seulement il assimile déjà la zone du Flysch du N des Alpes calcaires autrichiennes au Flysch des Alpes suisses, mais il annonce que les séries à faciès helvétique qui y apparaissent au contact de la Molasse bavaroise ne peuvent représenter que le pointement frontal du

prolongement oriental des unités helvétiques, dont les masses sont cachées sous les Alpes calcaires septentrionales.

Je me suis demandé pourquoi, dans son exposé, il prétend démontrer que l'édifiée des nappes s'étend de l'Arve à Salzbourg et pas plus loin. Sans doute est-ce parce que c'est la limite orientale de ses observations personnelles, effectuées en 1894 alors qu'il était à Munich. Peut-être aussi est-ce parce que sur la transversale de cette ville se terminent les éléments helvétiques visibles et que, prudent même dans ses audaces, il ne voulait pas s'aventurer.

Depuis lors, les géologues suisses ont précisé de nombreux détails, les géologues autrichiens et allemands ont scruté la zone du Flysch nord-alpin. Leurs profils sont plus fouillés, mais comparez les coupes données, ici-même en 1904, par Lugeon, avec les profils de la « *Geologie der Schweiz* » de Heim, ou ceux de la « *Geologie der Schweizer Alpen* » de Cadisch, vous verrez que le maître de Lausanne avait dit, prévu, ou figuré tout l'essentiel.

Le fondement de toute la tectonique que Lugeon apportait à l'âge de 31 ans, cette synthèse qui impliquait une doctrine nouvelle ne procédait pas seulement d'une découverte individuelle. Lugeon, dans tous ses écrits, rend hommage aux générations de grands géologues qui l'ont précédé et dont il a utilisé les apports.

Quant à la naissance d'une idée, il n'y a pas de doctrine nouvelle qui n'ait été préparée, pas plus que de création artistique qui ne procède d'une succession d'œuvres antérieures.

Tout au début de ses publications sur le Chablais, en octobre 1893, Lugeon admet encore, sous l'influence de Michel-Lévy, la théorie alors en vogue du champignon. A ce moment, son aîné Schardt le gagne de vitesse en publiant (déc. 1893) que « du Chablais au Stockhorn, les Préalpes représentent un morceau de terre étrangère au milieu de la bordure calcaire des Alpes et qu'il y est venu par le jeu d'une gigantesque nappe de recouvrement ».

Ainsi Schardt avait-il vu avant Lugeon que les Préalpes entières flottent; Heim avait déjà analysé une foule d'anomalies en Suisse alémanique, Escher avait déjà vu des klippen et, parmi elles, celles de ce curieux synclinal de Wildhaus. Et le premier à donner une explication qui allait déclencher toutes les synthèses avait été Marcel Bertrand, interprétant en précurseur le double pli de Glaris.

Mais la vue d'ensemble, la lucide coordination des particularités désordonnées de la chaîne alpine, l'évocation des racines de ces charriages, l'extension de la doctrine au domaine pennique tout entier puis jusqu'aux Alpes orientales, l'idée du mécanisme de ces énormes déplacements, cela, c'était l'œuvre propre de Lugeon :

synthèse que nul ne pouvait faire que lui et aux vues profondes de laquelle Albert Heim, le maître de la Géologie suisse, adhéra dans une lettre demeurée célèbre, à la Société géologique de France.

Il n'en resta pas moins que Schardt, magnifique initiateur dépassé, en conçut une aigreur durable.

L'encre de sa communication à la Société géologique n'est pas encore sèche que, porté par sa doctrine, Lugeon tente une gageure : l'interprétation, sans y être allé, de la structure des Carpathes. Lisons Suess :

« La voie suivie par les conceptions tectoniques au sujet de la Tatra rappelle celle qui a conduit à l'intelligence du pli glaronnais. Tout d'abord les faits ont été constatés et décrits avec tout le soin possible. La monographie d'Uhlig correspondant à cette première phase représente la Haute Tatra comme un socle massif de gneiss et de granite ancien supportant sur son versant nord, dans ses parties élevées, une succession à caractère alpin, avec beaucoup de lacunes et quelques indices sublittoraux. C'est la série haut-tatrique qui est plissée vers le Nord.

« A celle-ci succède dans les parties plus basses du versant septentrional une deuxième série alpine, beaucoup plus complète : la série sub-tatrique. Ses plis plongent fortement vers le Nord.

« Le même contraste entre la série haut-tatrique incomplète et la série sub-tatrique plus complète a été rencontré par Uhlig dans d'autres massifs montagneux isolés.

« La conclusion de ce savant s'en suivait que chacun de ces massifs devait être une ancienne île, que la série haut-tatrique correspondait à sa couverture naturelle, tandis que la série sub-tatrique représentait une formation de mer profonde et enfin que les plis sub-tatriques plongeant vers le Nord sur le versant septentrional de la Tatra devaient avoir été poussés du N au S contre ce massif cristallin.

« Le travail de cette première phase était si complet, que dans la seconde, M. Lugeon, sans être jamais allé dans les Carpathes, pouvait, en s'appuyant sur les données acquises dans les Alpes Occidentales, émettre l'hypothèse hardie que les plis sub-tatriques, plongeant vers le Nord sur le versant septentrional de la Tatra, n'étaient pas le résultat d'une poussée venant du Nord, mais qu'ils avaient été charriés du S au N comme une nappe autonome par-dessus le massif de la Tatra. »

Cette interprétation de Lugeon fut d'abord combattue. Mais, lors du Congrès international de Vienne en 1903, l'excursion organisée dans la Tatra fut un triomphe pour le géologue roman et, en 1907, Uhlig lui-même adopta son interprétation.

Le rôle du massif gneissique et granitique de la Tatra était resté douteux pour Lugeon. Uhlig, abondant dans le sens des interprétations du jeune Maître de Lausanne, le considère lui-même comme flottant.

Un nouveau succès s'ajoutait donc aux précédents et d'autant

plus frappant que la synthèse proposée avait été uniquement basée sur des cartes et sur l'interprétation de textes. Une telle méthode n'est permise qu'aux très grands Maîtres, et nombreux furent, depuis, les géologues qui, tentant l'aventure, s'y brisèrent les dents. Mais M. Lugeon, dans ses audaces, conservait un esprit critique, une mesure, une prudence qui donnèrent, dès l'abord, à ses interprétations les plus risquées, un cachet de certitude que l'avenir n'a pas démenti.

Cette conception, qu'apporta Lugeon dans sa modeste communication de 1903 à la Société vaudoise des Sciences naturelles, a grandement servi les géologues carpathiques. Fin août passé, M. Lugeon reçut d'un groupe de géologues polonais une lettre qui évoquait le cinquantenaire de cette géniale synthèse et soulignait de façon émouvante à quel point elle demeure le fil conducteur de leurs travaux.

De si grandes créations n'allaient pas tarder à manifester leurs conséquences.

Lugeon, Professeur extraordinaire à l'Université de Lausanne depuis 1898 devint, en 1906, à la mort de son maître Renevier, Professeur ordinaire. Outre les étudiants nationaux courants, l'on vit alors affluer à son Laboratoire des étrangers qui, attirés par sa célébrité, venaient y apprendre cette tectonique dont il formulait les lois ou les règles ; apprendre, aussi et surtout, la rigueur des levers détaillés qui sont la base de tout progrès géologique. Ce furent des Polonais comme Limanowsky qui voulait se perfectionner en vue de l'étude des Carpathes selon les directives du Maître, comme Rabowsky qui mit en évidence la nappe rhétique, ce fut T. Sandberg, qui devint chef du Service géologique d'Afrique du Sud, ce fut Emile Argand qui, venu de Genève, allait devenir le collaborateur, le confident, l'ami de M. Lugeon. Plus tard, ce furent Jean Boussac et tant d'autres...

Mais n'anticipons pas. Concurremment à l'arrivée de ces élèves extérieurs, une autre conséquence de sa synthèse se développa tout naturellement : l'application de sa doctrine à d'autres domaines alpins. Il avait publié, en 1904, avec Emile Haug, une interprétation des Alpes calcaires septentrionales qui servit de base aux synthèses ultérieures de ce dernier. Dès 1904, comme suite à son mémoire de 1901, il montra l'existence des nappes pennines et en ébaucha l'étude avec Emile Argand.

Ce dernier devait les éclairer d'un jour si lumineux que ce qui, au fond, n'est qu'une interprétation temporaire, devint une explication, considérée durant quarante ans comme classique.

A cette époque, il poussa quelques pointes dans le Tessin, fut appelé en Roumanie pour l'étude, dès 1904, des gites de pétrole et il aborda, avec F. A. Forel, la longue analyse des variations périodiques des glaciers.

Ainsi, attaché à tant de problèmes, négligea-t-il ceux que posait le prolongement oriental de ces nappes pennines dont il venait de montrer l'importance.

Ce fut alors Pierre Termier qui, suivant la voie tracée par la synthèse de Lugeon, aborda cette Basse Engadine dont les anomalies avaient depuis longtemps attiré l'attention de Bernard Studer. Et Termier montra que les Schistes lustrés de Basse Engadine apparaissent en fenêtre sous la série cristallophyllienne de la Silvretta. Puis, poussant plus à l'E, il annonça que toute la région des Hohe Tauern correspond à une très vaste fenêtre anticlinale. L'idée fut bientôt adoptée par Uhlig et beaucoup de géologues autrichiens.

Fondée sur des observations beaucoup moins minutieuses, cette synthèse a subi plus de retouches que celles de Lugeon, mais elle demeure, par certains côtés, et elle a l'intérêt de montrer l'extension, dès ce moment, des interprétations du Maître de Lausanne.

Après ces prestigieux travaux, Lugeon parut se disperser. Voyage en Afrique australe pour étudier un gisement d'asbeste; notes sur des détails géologiques locaux; considérations sur des problèmes de lithologie et de sédimentation; découverte, avec Emile Argand, de charriages dans la région de Palerme — et l'on pouvait penser que l'auteur de tant de magnifiques et fortes synthèses se trouvait essoufflé.

C'est que, d'instinct, il avait compris la sagesse de la fable d'Antée et, qu'au stade où il en était arrivé, s'imposait une phase consacrée à des travaux analytiques. Déjà en 1900, il avait abordé les Alpes entre le Sanetsch et la Kander. Dix ans durant, seul ou avec des élèves, il leva ces régions magnifiques et désolées des Hautes Alpes calcaires entre la vallée du Rhône et la zone des Cols. La feuille parut en 1910. Son commentaire forma 4 fascicules des *Matériaux de la Carte géologique de la Suisse* (1914 à 1916) illustrés d'admirables panoramas géologiques et de profils au 50 000^e, dessinés avec la sûreté de main héritée de son père, mais d'où le savant s'astreignait à éliminer tout ce qui pouvait avoir ce « chic » qui, lorsqu'on lui sacrifie, trahit l'austère fait scientifique.

Pour la première fois apparut alors la vraie structure de cette puissante chaîne, seulement esquissée dans sa synthèse de 1901.

En septembre 1909, sa carte étant sous presse, M. Lugeon con-

duisit une excursion de la Société géologique suisse par Lauenen, Iffigen, le Rawyl, la cabane du Weisshorn, la Plaine Morte jusqu'à Sierra. Nous arrivâmes, en fin de voyage, au sommet du Mont Bonvin d'où Lugeon donna une lumineuse explication générale des plis couchés qui se tordaient à nos pieds. Parmi nous figurait le Professeur Hans Schardt qui avait « charrié » les Préalpes avant Lugeon. L'ampleur de la synthèse, née depuis dix ans des travaux de Lugeon, n'avait pas été sans provoquer entre eux les frictions que j'ai dites sur des priorités et aussi sur des interprétations. Les deux géologues étaient ainsi très en froid. Sur l'étroite plateforme du sommet où nous étions groupés, Schardt, enthousiasmé, remercia le directeur de l'excursion. Par un miracle, naturel dans ce pays, une bouteille de vin blanc jaillit d'un sac. Et je vois encore Albert Heim, auquel sa barbe blanche donnait un air de Père Éternel, réunir dans sa large main celles des deux adversaires et reproduire, dans cette réconciliation qu'il scellait, le groupe du serment des trois Suisses, sous l'azur triomphal du ciel valaisan.

En redescendant au col de Thierry, l'on vit au passage une sorte de cabane en ruine. C'était le reste du petit refuge de pierres que Lugeon s'était construit pour en rayonner dans les solitudes désolées et neigeuses...

On ne saurait oublier d'inscrire ici, en marge des monographies descriptives des Wildstrubel un mémoire consacré aux Sources thermales de Loèche-les-Bains (1912) modèle de claire rigueur dans l'analyse structurale de la région et aussi de logique dans l'hypothèse du circuit des eaux.

Il forme, en 25 pages et une planche, la plus belle étude hydrologique que l'on puisse proposer en exemple.

Beaucoup crurent que l'analyse minutieuse des Hautes Alpes calcaires couronnait la carrière du Maître. Mais sa prodigieuse activité commençait déjà à prendre un cours nouveau.

En 1908, il avait étudié quelques projets de barrages. Il s'était pris au jeu et avait analysé, dès 1911, les conditions d'implantation d'un barrage à Génissiat en un mémoire mémorable publié à la Société géologique de France. Et M. Lugeon avait annoncé alors à l'un de ses élèves : « Après les grands charriages, voici les grands barrages. »

Ce livre traite le problème sous tous les aspects, tant du point de vue géologique pur que de celui de l'alluvionnement.

Le barrage ne vit le jour, étant construit par l'État, que trente ans après. Si Lugeon eut la tristesse de n'être pas appelé à prendre

part à sa réalisation, nous savons que tout l'essentiel de ses conclusions se trouva vérifié.

Dès lors, il devient le spécialiste mondial des barrages. Appelé en Amérique, en France, en Espagne, en Italie... dans vingt pays, il étudie et voit se créer plus de 220 retenues, à l'étude desquelles, soit pour l'ensemble des recherches, soit pour pallier des erreurs dues à la carence géologique initiale, il est appelé à collaborer. Et il publiera en 1932 un précieux ouvrage, aujourd'hui introuvable, « Barrages et Géologie » qui lui vaudra le prix Marcel Benoît. Puis ces applications lui devinrent à charge et il n'accepta plus que les études des problèmes difficiles pour lesquels son expérience et sa signature constituaient des garanties recherchées.

Je crois que les derniers travaux de cet ordre auxquels il se soit astreint furent le barrage de Bine el Ouidane, au Maroc, et celui du Chatelôt, sur le Doubs franco-suisse, inauguré en 1953,

Cette forme d'activité ne l'a pas distrait de la recherche. Au contraire, en marge de ces études appliquées, il glana une foule d'observations, que ce soit sur les Ombilics de l'Uruguay, sur certaines modalités de l'érosion fluviale ou sur des données géologiques relatives à la Chalcidique.

Il n'a pas perdu non plus le fil de ses investigations en Suisse. Celles-ci tendirent à faire la liaison par des levers, comme il savait les faire, entre la carte des Hautes Alpes calcaires, déjà parue, et le cours inférieur du Rhône.

Seul, ou avec Emile Argand, ou N. Gouliano, ou avec des élèves, il lève lentement, minutieusement, des cartes régulières qui se raccordent avec sa carte spéciale au 50 000^e de 1910. Durant de longues années, il réétudie certaines des régions antérieurement décrites. Le « Livre jubilaire du cinquantenaire de la fondation de la Société géologique de Belgique » contient ainsi un petit mémoire sur la nappe des Diablerets (1926). Et dans le « Livre jubilaire de la Société géologique de France » il donne, en 1930, une vivante étude des « Trois tempêtes orogéniques » qui ont laissé leur trace dans le massif de Morcles. Les belles planches qui l'illustrent montrent le rôle des lames de granite impliquées dans le synclinal et Lugeon les interprète comme arrachées par la nappe, alors qu'elle passait sur des granites de l'arrière-pays. Il compare ces sortes de nuages de débris pris dans le Flysch à des « fumées » entraînées par le vent.

En avant de la nappe de Morcles et sous elle dans le domaine de l'Écaille à Céphalopodes, les dislocations sont d'une extraordinaire complexité, accrue par la mobilité propre du Trias qui est impliqué dans les replis. Lugeon en étudie spécialement une partie

pour les salines de Bex. Exploitées dès le ^{xvi}^e siècle et, depuis 1798 propriété de l'État de Vaud, elles viennent à bout des lentilles connues et il s'agit d'en trouver d'autres. Une des réussites du Maître fut de pouvoir situer et orienter, depuis l'intérieur d'une des galeries, un très long forage oblique qui donna dans un nouvel amas, prouvant à la fois l'excellence de la vision spatiale de Lugeon et sa chance naturelle. Quand on connaît la complexité de ces régions on demeure confondu devant le résultat. Un joli petit mémoire fixa en 1935 ce que l'on savait alors sur les salines de Bex.

En 1937 paraît la carte n° 10 « Saxon-Morcles », puis, en 1940, la feuille 19 « Diablerets » l'une et l'autre avec Notice explicative. Pour cette dernière feuille il avait tout abandonné afin de la terminer selon sa promesse, le 5 janvier 1939. Le 7, il m'écrivait, soulagé : « Ce sera une belle affaire »... Certes. A 69 ans, sa technique s'était encore améliorée.

Mais rien n'est fait puisqu'il reste tant à faire. A l'extérieur des Alpes calcaires, règnent ces Préalpes et cette zone des Cols, déjà esquissées par Lugeon dans son mémoire de 1901. Chaque nouvelle analyse locale y a révélé de nouvelles complications. Les élèves les meilleurs y ont, depuis trente ans, consacré des thèses sous la direction du Maître et de son successeur Elie Gagnebin. Les explications ne répondent plus à la complexité des faits connus.

Inlassable, M. Lugeon reprend les problèmes à la base. Il se rend compte que la notion classique de poussées tangentielles ne peut plus s'appliquer à ces nappes ultra-helvétiques minces, discontinues, étirées, dont les séries stratigraphiques sont fragmentaires mais se complètent étrangement d'une nappe à l'autre.

Et, en collaboration avec Gagnebin, voici qu'est introduite une conception qui rencontre, mais sous une bien autre forme, les idées anciennes de Bombicci-Porta, de Wijkerslooth dont, du reste, il ignorait les travaux. La nappe du Niesen, celle de la Brèche se sont mues, d'abord, sous une impulsion tangentielle initiale, mais, ensuite, sous l'effet d'une composante oblique de la gravité. Et dans les régions de la Simme, de l'Écaille à Céphalopodes, de la Croix de Culet, du Jaunpass, sur lesquelles il a déjà tant peiné depuis sa thèse, voilà que ces masses aberrantes s'inscrivent d'une manière enfin compréhensible dans l'harmonieuse interprétation nouvelle.

Là encore, dans ces brèves « Observations et vues nouvelles sur la Géologie des Préalpes romandes », Lugeon s'élève, avec sa lucidité toujours juvénile, du fait local à une vue synthétique, qui

s'avèrera féconde dans d'autres régions et dans d'autres chaînes.

Ce mémoire, bref comme tout ce qu'a écrit Lugeon, est non un aboutissement, mais un nouveau point de départ pour de plus vastes synthèses, dont découle la notion du phénomène que, d'un mot qu'il jugea vite malheureux, il appela « diverticulation ».

Puis, il va de l'avant, et il se pose la question de l'origine de ce Jura dont la série est décollée, comme l'a établi son ami A. Buxtorf, mais dont il se demande si, vraiment, sa naissance, son décollement, son incurvation résultent comme on le croyait, d'un effet de la poussée tangentielle alpine. Et il émet, en 1941, l'hypothèse que les jeux complexes de la gravité et du « bourrage » du Trias salifère ont bien pu être responsables de cette chaîne. Des objections se sont exprimées. Certains auteurs, d'autre part, reprenaient la vieille hypothèse selon laquelle des dislocations puissantes du socle ont joué sous le Jura un rôle majeur. Lugeon s'est élevé contre ces vues et l'on sait que récemment des forages effectués dans le Jura français sont venus lui donner raison, au moins au bord sud-ouest de la chaîne.

Depuis deux ans, mordu par ces problèmes, il rédigeait un travail d'ensemble sur le Jura et le rôle possible du Trias subordonné à la Molasse. Jusqu'en 1952, en rapport avec ces recherches, il tenta de déceler l'existence de mouvements quaternaires, soit dans la région d'Annemasse, soit en général dans la Plaine suisse. Le dernier écho de ces méditations a paru dans notre *Compte Rendu sommaire* du 13 avril 1953. En peu de lignes, beaucoup de problèmes y sont posés auxquels devait s'attacher le mémoire que la maladie puis la mort ont interrompu. C'était le 6 avril 1887 — presque exactement soixante-six ans avant cette ultime note — que M. Lugeon avait fait sa première communication scientifique.

A cette œuvre imprimée, généralement présentée en de courts mémoires, à l'œuvre de cartographie détaillée qui embrasse de si vastes espaces, s'ajoute, entre 1941 et 1948, la réalisation d'un ancien rêve : l'établissement d'un relief géologique d'une partie des Hautes Alpes calcaires.

Il engage successivement deux spécialistes qui vont établir une première maquette en plâtre. Il étudie longuement les meilleurs types de peinture, puis il passe à la coloration. Chaque accident morphologique est recisé en fonction des accidents géologiques qui y transparaissent. Mois après mois, le travail avance, surveillé chaque jour durant des heures par le Maître.

Selon sa coutume, qui est de ne jamais faire subventionner ses travaux, il a engagé personnellement 25 000 francs suisses dans ce

petit chef-d'œuvre, dont la réalisation demandera près de huit ans. Les cinq exemplaires du tirage figurent à Lausanne, en Angleterre, en Amérique, en Belgique, à Zurich.

Aucun organisme français ne fit l'acquisition de cet admirable document, le meilleur que l'on puisse montrer à des élèves pour les initier à la tectonique. Il est vrai que la tectonique n'intéresse pas les Français aujourd'hui.

* * *

M. Lugeon, bien que romantique à ses heures, n'a jamais versé dans la poésie ou la grandiloquence. Si sa conversation était un jaillissement d'idées, ses écrits sont d'une objectivité, d'une brièveté, d'une prudence scientifique exemplaires.

Son œuvre est pratiquement sans déchet ; et il n'a jamais prétendu épuiser un sujet. « Il est peu probable que je puisse donner la synthèse définitive, écrivait-il modestement en 1901, mais j'espère ouvrir une voie nouvelle à mes successeurs. » Ce tour d'esprit scientifique, il le conserva toujours ; et toujours il applaudit aux découvertes nouvelles d'autrui, même dans les domaines auxquels il avait consacré sa vie.

Lui-même d'ailleurs, jusqu'à la fin, s'attacha à creuser les problèmes dont, quelque brillante qu'elle parut, la solution le laissait insatisfait.

Je n'en veux pour exemple que ce synclinal couché de Morcles où le tracassaient encore, à 76 ans révolus, ces « fumées » de granite dont nous avons parlé et que leur mode d'association au Flysch rendait difficilement comparables à des copeaux de charriage.

Il tint à y retourner en 1946 et je l'accompagnai, fin août, dans les rudes pentes de la Rionde. Sa minutieuse précision et son ardeur restaient celles de sa jeunesse.

Un jour, dans la tempête qui nous coupait le souffle, alors que je m'étais attardé à recueillir des échantillons du granite qui le préoccupait, il se blessa sur un quartz tranchant. En rejoignant le sentier militaire qu'il avait semé de larges gouttes rouges je finis par l'atteindre. Il allait de son pas balancé de montagnard, la main gauche un peu écartée du corps pour que le sang ne tachât pas son pantalon. « Cela s'arrêtera tout seul, me dit-il... Mais vous prendrez les notes. » Le soir, en rentrant au refuge militaire après une marche de huit heures, il n'en fut plus question. Quant à la solution qui modifiait sa synthèse de 1930, vous la trouverez, mêlée à d'autres observations, dans l'hommage à Auguste Buxtorf, cette méditation si pleine de bonhomie et de profondeur qui est une réussite, tant par le sens que par le style.

Ainsi, aux portes de l'extrême vieillesse, remettait-il pour la centième fois, au moins, sur le métier son ouvrage.

L'âge et l'affaiblissement physique ne ternirent pas son acuité intellectuelle. Ce regard juvénile qu'il jetait sur toutes choses, il le conserva longtemps après que ses forces l'eussent trahi. Il gagnait alors quelque point de vue, et ses collaborateurs partaient à la chasse du fait déterminant que sa quête essoufflée ne pouvait plus atteindre.

Exigeant pour lui-même, il l'était pour autrui. Avec une franchise entière et sans ménagements, il corrigea toujours les erreurs, fussent-elles de ses amis. Nous avons cru, M. Jacob et moi, juste avant la guerre de 1914, apporter une solution nouvelle quant à la tectonique des Pyrénées catalanes.

Lugeon, qui s'y rendit pour étudier un barrage, constata que nous nous étions abusés et le publia tout net. Encore durant ces dernières années, il montra qu'il n'entendait pas authentifier par son silence des opinions qui avaient été émises en sa présence et qu'il n'épousait pas. Nulle inimitié dans ces contradictions, mais simple loyauté scientifique, parce qu'il ne comprenait pas la complaisance intellectuelle quand la science était en jeu.

Ses travaux, les voyages qu'ils impliquaient, Lugeon les a toujours effectués à ses frais, sauf son séjour à Munich, qu'il dut à une bourse, et un voyage en Italie en 1903-04.

Je rappelais tout à l'heure sa célébrité en matière de barrages. Elle lui apporta une aisance que ses jeunes ans n'avaient point connue. Car la Suisse est un pays libéral, où les savants, encore que fonctionnaires, ne sont pas bridés par les règlements quand, sans négliger leurs charges, ils veulent accroître leur bien-être et leurs moyens d'investigation.

Tous les voyages scientifiques de M. Lugeon, toutes ses recherches en Suisse ou à l'Étranger, il les a menés, sauf quant aux indemnités de la carte, avec ses ressources, graduellement accrues.

Si, en France, un chercheur avait voulu entreprendre ce qu'il a réalisé, il aurait dû faire appel à des subventions. M. Lugeon a tout payé sur ses honoraires d'expertises ; et qui, plus est, il a doté son Laboratoire, chaque année, à proportion de ces honoraires. Il a aidé ses élèves. Il a créé des fondations.

Un jour, en 1932, il reçut le prix Marcel Benoît de 25 000 francs suisses et d'aucuns, le sachant dans l'aisance, en furent choqués. Beaucoup plus tard l'on sut que ce capital avait été consacré entiè-

rement — comme les sommes recueillies lors de son Jubilé en 1937 — à une nouvelle fondation pour aider les chercheurs.

Ces générosités collectives — sans préjudice d'aides plus personnelles à des savants malheureux, à des géologues français internés, à des artistes — il n'en parlait pas. Si d'aventure on y faisait allusion, il expliquait, avec son désarmant sourire : « Que voulez-vous, je suis un égoïste. Cela m'est pénible de voir souffrir les autres. »

Et cette vie mêlée de recherche passionnée, de persiflage qui évoquait ses ascendances parisiennes, de fierté aussi, tant de son héréditaire bourgeoisie de Chevilly que des honneurs, croix, médailles, décorations dont il fut comblé, cette vie si remplie s'est poursuivie dans une plénitude magnifique jusqu'à plus de 82 ans. Même durant ses dernières semaines il conserva une pensée lucide. Trois jours avant sa mort, il me disait : « Je pense à l'avenir de la géologie française. Les hommes mûrs, je les connais. Du reste, il seront bientôt finis — comme moi. Mais après... ? Parlez-moi des jeunes. Y aura-t-il de quoi occuper dignement les chaires et maîtrises que l'on crée à tour de bras ? »

*
* *

Avant de conclure, permettez-moi encore d'aborder un dernier aspect de la personnalité si riche et si variée de notre Maître.

L'enseignement de M. Lugeon comportait, quand je l'ai suivi, un cours général par semaine, le mercredi de 14 h à 16 h, moment pénible pour ceux qui ne sont pas sous-alimentés. Il s'adressait aux élèves de licence aussi bien qu'aux élèves de l'École d'Ingénieurs de l'Université, devenue depuis l'École Polytechnique de la Suisse romande. De sa voix un peu chantante, le Professeur exposait le rudiment. Mais il le survolait volontiers, traitant de la géologie du Pétrole, alors naissante, et des diapirs récemment baptisés par Mrazec, du volcanisme tel qu'il l'avait vu, et aussi de tectonique générale. Il distinguait les plis couchés et les nappes nés dans les domaines géosynclinaux, les plis de style jurassien qui, n'intéressant que la couverture secondaire, résultent d'actions superficielles, et aussi des plis affectant l'écorce elle-même, remaniant largement des terrains anciens ou très anciens. Il ne leur donnait pas de noms distinctifs.

Ce fut son élève Argand qui baptisa plus tard les « plis de couverture » et les « plis de fond ». Mais l'esprit de la distinction était déjà dans l'enseignement de Lugeon, aux alentours de 1906-1908.

Le meilleur de ses leçons se donnait au Laboratoire.

S'il laissait volontiers la Paléontologie à son Privat-Docent d'alors, Fr. Jaccard, et à son Assistant, A. Jeannet — qui devint Professeur au Polytechnicum de Zurich — il formait lui-même ses élèves à l'interprétation des cartes, au dessin raisonné des coupes géologiques. Dans cette pratique, qu'il tenait pour essentielle, on se rendait compte de l'hérésie géométrique qui découle des « coupes de stratigraphes » où les hauteurs sont exagérées; l'on apprenait à analyser et déterminer les sections droites de plis affectés d'inclinaisons axiales. Voir dans l'espace était une exigence absolue et il chassa impitoyablement ceux qui s'en montraient incapables.

Plus tard, pour parfaire la formation des étudiants, il réunit une grande collection de vues stéréoscopiques commentées qui furent mises à la disposition des élèves et qui embrassaient tous les phénomènes, depuis la sédimentation et l'érosion jusqu'à la tectonique la plus compliquée, en passant par le volcanisme, voire l'exploitation des Mines.

Mais son enseignement essentiel se faisait sur le terrain, en été.

Dès 1896-97, Privat-Docent à l'Université de Lausanne, il avait organisé, en marge des cours, des exercices de lever de carte géologique. Déjà alors, il proclamait cette vérité que seuls ceux qui savent bien lever une carte peuvent devenir de bons géologues. Depuis cette initiative, qui fut la première dans une Université, il a toujours considéré que, par delà le psittacisme scolaire, l'observation bien faite sur le terrain était le fondement de tout progrès géologique. Cette méthode qui s'est généralisée dans son pays y a porté les fruits que l'on sait.

Les privilégiés admis à l'accompagner sur le terrain étaient sévèrement triés.

Plaisantant amicalement ou fouaillant sans pitié les déficiences, il régnait despotiquement sur sa petite troupe de disciples. Durant les 10 minutes de pause qui succédaient militairement à 50 minutes de marche, chacun dessinait le contour observé, puis Lugeon s'astreignait à rédiger ses notes à haute voix, afin que les élèves puissent suivre sa pensée et prendre les bonnes habitudes. Exceptionnellement, l'arrêt était un peu prolongé pour un croquis. Le « Patron » disait alors : « Un tel passez-moi votre carnet. » Si le dessin était sortable, il y accentuait les traits essentiels. S'il était mauvais, la page arrachée d'un geste méprisant était jetée au vent. La condition d'un bon dessin est un jeu de crayons bien taillés et je me souviens d'un jeune Hollandais dont il jeta tous les crayons au torrent voisin. Le pauvre étudiant en fut pour redescendre de nos 2 000 m à Laucenen, puis gagner Berne par la diligence à chevaux et y racheter un jeu de « Polychromos ». On ne

vit plus, cet été, que crayons aigus et dessins magnifiques !... Mais les soins du maître n'allaient pas qu'aux moyens matériels. Le but c'était de comprendre et d'exprimer ce que l'on voyait. Morphologie, aspects de l'érosion et des épigénies, toutes anomalies topographiques devaient être étudiés et expliqués parce qu'ils résultaient de particularités géologiques.

Les versants drapés de glaciaire étaient parcourus jusqu'à l'écoeurement pour y trouver dans les ravineaux que, tous, l'on remontait inlassablement, l'affleurement permettant un raccord stratigraphique et structural.

Quant aux ensembles, ils étaient scrutés à la jumelle ; puis on allait sur place tout vérifier, enfin l'on revenait à l'observatoire initial pour dessiner au net ce que, la veille, on venait de toucher.

Cet homme, auquel ses hérédités d'artiste donnaient de tels élans de fantaisie narquoise, savait, sur le plan scientifique, imposer aux autres et s'imposer à lui-même la discipline la plus austère, revenant deux, trois, quatre fois à la région dont les détails s'harmonisaient mal. Et même, quand tout cadrait et qu'après des jours d'insatisfaction l'on se disait : « C'est tout simple, voilà la solution. » « Vous croyez que nous avons compris, voyez là, dans le fond du ravin cette roche claire, allons encore la toucher. Qui sait si elle ne renversera pas notre hypothèse »... Et d'y redescendre, et bien souvent de se trouver obligé de reconsidérer toute l'interprétation.

Lorsque ses élèves, déjà plus mûrs, abordaient des travaux personnels, avec quelle générosité d'esprit les conseillait-il ! Enthousiaste, lancé dans ses plus grandes ou méticuleuses recherches, il s'est toujours oublié pour conseiller autrui. Il recevait familièrement et, tout plein de son idée, il montrait la carte ou les coupes en cours de travail ; cela durait deux ou trois minutes, puis il rompait les chiens : « Ce n'est pas pour cela que vous venez, où en êtes-vous de vos recherches ? » Et, de ce moment, il était tout oreilles pour écouter découvertes ou doutes. Il n'existait plus que pour ce qu'on lui soumettait, à la fois confident amical et Patron impérieux. Il tirait du gousset son couteau militaire, l'ouvrait et, repoussant les mains qui eussent souillé les couleurs, suivait du poinçon les contours symptomatiques, désignant les détails contestables ou bien venus. Puis il évoquait des comparaisons et, soudain, l'on s'apercevait de l'immensité des lectures qu'une mémoire parfaite lui avait fait enregistrer, souvent des années auparavant.

Jusqu'à plus de quatre-vingts ans il conserva cette juvénile curiosité de l'œuvre d'autrui, ce mélange d'intérêt et de gouaille

qui firent le charme et le profit de ceux qui lui demandaient conseil.

Que de fois, lors de ses passages à Paris, même à son dernier voyage en 1952, n'avons-nous pas remarqué, à mon Laboratoire, qu'il ne sortait jamais sans nous laisser enrichis d'une suggestion utile ou d'une féconde critique!

Où, il est resté jusqu'au bout le Maître par excellence. Ses élèves sont répandus sur tout le globe, dans des chaires, dans des services de recherche ou dans l'industrie. Même ceux qui n'ont pas conservé de liens étroits avec lui ou même ceux qui, au cours de leurs recherches, s'écartent de certaines de ses conceptions, tous, s'ils rentrent en eux-mêmes, reconnaissent que le meilleur de leur formation, ils l'ont acquis au pied de la cathédrale de Lausanne, dans ce petit Laboratoire en entresol du Palais de Rumine, où l'on descendait par un escalier de fer; dans ce Laboratoire, agrandi grâce à lui, où ses successeurs lui ont toujours gardé une place de choix et où nous ne pourrons plus entrer, désormais, que les yeux obscurcis d'émotion et le cœur contracté de douloureuse reconnaissance.

BIBLIOGRAPHIE

1887. 1 — La molasse de la Borde (Lausanne). *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. XXIII, p. 173-195, 1 pl.
- 2 — Mâchoire de didelphe du Rhétien des Avants. *Ibid.*, vol. XXIV, p. v.
1888. 3 — Fossiles du terrain tertiaire de la Paudèze près Lausanne. *Ibid.*, vol. XXV, p. 1.
1889. 4 — (avec H. GOLLIEZ) Chéloniens nouveaux de la molasse languienne de Lausanne. *Mém. Soc. pal. suisse*, vol. XVI, 24 p., XIII pl.
- 5 — Gisement fossilifère de la mollasse de Sauvabelin sur Lausanne. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. XXV, p. x.
1891. 6 — Lausanne avant l'histoire. *Helvetia*, vol. X, n° 3, p. 57-78.
1893. 7 — (avec E. RENEVIER) Géologie du Chablais et Faucigny-nord. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. XXIX, p. 86-90 et *Ecl. géol. Helv.*, vol. III, p. 293-298.
- 8 — (avec E. RENEVIER) Excursion dans le Chablais. *Ibid.*, vol. IV, p. 45-52, pl. III et IV.
- 9 — La Région de la Brèche du Chablais, son rôle vis-à-vis des Préalpes extérieures et vis-à-vis des Hautes Alpes calcaires. *Ibid.*, vol. IV, p. 110-114.
- 10 — Sur une dislocation en forme de champignon dans les Alpes de Savoie. *C. R. Ac. Sc.*, t. 117, p. 564.
- 11 — Sur la géologie de la Région de la Brèche du Chablais (Haute-Savoie). *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. XXX, p. II.

1894. 12 — (avec RENEVIER) Carte géologique de France au 80 000^e, feuille 150, Thonon, avec texte explicatif. Paris, Baudry et C^{ie}.
- 13 — (avec BERTRAND, HAUG, MAILLARD, MICHEL-LÉVY et RENEVIER) Carte géologique de France au 80 000^e, feuille 160 bis, Annecy, avec texte explicatif. Paris, Baudry et C^{ie}.
- 14 — (avec MICHEL-LÉVY) Carte géologique de France au 80 000^e, feuille 160 ter, Vallorcine, avec texte explicatif. Paris, Baudry et C^{ie}.
- 15 — Gisement fossilifère du Lias supérieur du torrent de la Breggia (Tessin). *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. XXXI, p. II.
- 16 — La Brèche du Chablais. *Bull. Serv. Carte géol. France. C. R. Coll. pour 1893*, vol. VI, p. 134-135.
- 17 — Gyroporelles du Trias du Chablais. *B. S. G. F.*, (3), XXII, p. XIII.
- 18 — Carte géologique suisse au 500 000^e par HEIM et SCHMIDT, avec la coll. de RENEVIER, ROLLIER, SCHARDT, LUGEON, MUHLBERG et PENCK.
1895. 19 — Sur l'origine des Préalpes romandes. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. XXXI, p. XXX.
- 20 — (avec E. HAUG) Communication préliminaire sur le synclinal de Serraval et la montagne de Sulens. *C. R. somm. S. G. F.*, p. XXVI-XXIX.
1896. 21 — La région de la Brèche du Chablais (Haute-Savoie). *Bull. Serv. Carte géol. France*, vol. VII, 319 p., 61 fig., 8 pl. dont un panorama et une carte (Part. I et II. Thèse pour le doctorat ès sciences). Paris, Baudry et C^{ie}.
- 22 — Sur la région de la Brèche du Chablais. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. XXXII, p. XXVII.
- 23 — (avec DOUXAMI) Le Nummulitique des Bauges. *Bull. Serv. Carte géol. France*, C. R. Coll. pour 1895, vol. VIII, p. 154-159.
- 24 — Les Bauges. *Ibid.*, vol. VIII, p. 181-183.
1897. 25 — Sur la topographie vaudoise. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. XXXIII, p. VIII.
- 26 — Le Rhône suisse, tributaire du Rhin. *C. R. Ac. Sc.*, t. 124, p. 106.
- 27 — La loi de formation des vallées transversales des Alpes occidentales. *Ibid.*, t. 124, p. 785.
- 28 — (avec E. HAUG) Note préliminaire sur la géologie de la montagne de Sulens et de son soubassement. *Bull. Soc. Hist. nat. Savoie*, 15 p. et *Bull. Serv. Carte géol. France*, vol. IX, p. 394-400.
- 29 — Les Bauges. *Ibid.*, C. R. Coll. pour 1896, vol. IX, p. 419-421.
- 30 — (avec BERTRAND, HAUG, RITTER et RÉVIL) Carte géologique de France au 80 000^e, feuille 169 bis, Albertville, avec texte explicatif. Paris, Baudry et C^{ie}.
- 31 — Leçon d'ouverture du cours de Géographie physique professé à l'Université de Lausanne (La loi des vallées transversales des Alpes occidentales ; l'histoire de l'Isère ; le Rhône était-il tributaire du Rhin ?) *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. XXXIII, p. 49-78, 2 pl.
1898. 32 — Massif de Pierre-Eyraud (feuille Briançon). *Bull. Serv. Carte géol. France*, vol. X, p. 216-217.
- 33 — (avec F. A. FOREL et E. MURET) Les variations périodiques des

- glaciers des Alpes, 18^e rapport. *Annuaire Club alpin suisse*, vol. XXXIII, p. 289-320.
- 34 — Présentation de la Carte géologique d'Albertville. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. XXXIV, p. I-III.
- 35 — Strato-relief des Bauges. *Ibid.*, vol. XXXIV, p. xxxvii et *Le Globe*, Genève, vol. 37, p. 85.
- 36 — L'Éboulement de Sierre en Valais. *Ibid.*, vol. 37, p. 82-85.
1899. 37 — (avec KILIAN) Une coupe transversale des Alpes briançonnaises de la Gironde à la frontière italienne. *C. R. Ac. Sc.*, t. 128, p. 57.
- 38 — Massif de Pierre-Eyraud (feuille Briançon). *Bull. Serv. Carte géol. France*, vol. X, p. 584-586.
- 39 — L'origine du Chablais. *Le Globe*, vol. 38, p. 25-39.
- 40 — (avec F. A. FOREL et E. MURET) Les variations périodiques des glaciers des Alpes, 19^e rapport. *Annuaire Club alpin suisse*, vol. XXXIV, p. 275-300. *
1900. 41 — (avec KILIAN, LORY et TERMIER) Carte géologique de France au 80 000^e, feuille Briançon avec texte explicatif. Paris, Ch. Béranger.
- 42 — Études sur les dislocations des Bauges (Savoie). *B. S. G. F.*, (3), XXVIII, p. 16-17.
- 43 — Résultats généraux d'une étude géologique sur les montagnes des Bauges. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. XXXVI, p. xiv-xvi.
- 44 — (avec F. A. FOREL et E. MURET) Les variations périodiques des glaciers des Alpes, 20^e rapport. *Annuaire Club alpin suisse*, vol. XXXV, p. 203-224.
- 45 — Les dislocations des Bauges (Savoie). *Bull. Serv. Carte géol. France*, vol. XI, n° 77, p. 359-470, 35 fig., 6 pl.
- 46 — Photographie du grain du glacier. *Ecl. géol. Helv.*, vol. VI, p. 467.
- 47 — Anciens thalwegs de l'Aar dans le Kirchet, près Meiringen. *Ibid.*, vol. VI, p. 496 et *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. XXXVII, p. iv.
- 48 — Première communication préliminaire sur la géologie de la région comprise entre le Sanetsch et la Kander. *Ecl. géol. Helv.*, vol. VI, p. 497-500.
- 49 — Les anciens cours de l'Aar, près Meiringen (Suisse). *C. R. Ac. Sc.*, t. 131, p. 810.
- 50 — Sur la découverte d'une racine de la « zone des cols » (Préalpes suisses). *B. S. G. F.*, (3), XXVIII, p. 998.
- 51 — La traduction française de l'« Antlitz der Erde » de M. SUESS. *Ecl. géol. Helv.*, vol. 6, p. 507-508.
- 52 — (avec G. ROESSINGER) Géologie de la haute vallée de Lauenen (Préalpes et Hautes Alpes bernoises). *Arch. Sc. phys. et nat.*, Genève, (4), t. XI, 14 p.
1901. 53 — Sur la découverte d'une racine des Préalpes suisses. *C. R. Ac. Sc.*, t. 132, p. 45.
- 54 — Recherches sur l'origine des vallées des Alpes occidentales. (Mémoire couronné par l'Académie des Sciences, Prix Gay 1900). *Ann. Géogr.*, t. X, p. 295-317, p. 401-428, 22 fig., 5 pl.
- 55 — Sur la fréquence, dans les Alpes, de gorges épigénitiques et sur l'existence de barres calcaires de quelques vallées suisses. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. XXXVII, p. 423-454, 4 fig., 9 pl. et *Bull. Lab. Géol. Univ. Lausanne*, n° 2.
- 56 — (avec F. A. FOREL et E. MURET) Les variations périodiques des

- glaciers des Alpes, 21^e rapport. *Annuaire Club alpin suisse*, vol. XXXVI. p. 169-199.
- 57 — Stries glaciaires près Chexbres. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. XXXVII, p. XI.
- 58 — Quelques mots sur le groupement de la population du Valais (Le peuplement de la vallée du Rhône en Valais). Etrennes helvétiques pour 1902, 15 p. Lausanne, G. Bridel et C^{ie} (Résumé dans *Ann. Géogr.*, vol. II, p. 263-264).
- 59 — Réunion extraordinaire de la Société géologique de France à Lausanne et dans le Chablais. Programme, p. 678-680, C. R. des excursions et des séances, avec notes diverses. *B. S. G. F.*, (4), I, p. 681-722.
- 60 — Les grandes nappes de recouvrement des Alpes du Chablais et de la Suisse. *Ibid.*, (4), I, p. 723-825. Suivi d'une lettre ouverte du professeur A. HEIM (publié en 1902).
1902. 61 — Les grandes dislocations et la naissance des Alpes suisses (conférence faite à Genève en séance générale de la Soc. helv. des Sc. nat.). *Ecl. geol. Helv.*, vol. VII, p. 335-343.
- 62 — Observation à la communication de M. Sarasin sur les lambeaux de recouvrement des Annes. *Ibid.*, vol. VII, p. 333.
- 63 — Réponse à M. SCHARDT sur les nappes de recouvrement. *Ibid.*, vol. VII, p. 346.
- 64 — (avec F. A. FOREL et E. MURET) Les variations périodiques des glaciers des Alpes, 22^e rapport. *Annuaire Club alpin suisse*, vol. XXVII, p. 193-221.
- 65 — L'aérolithe de Châtillens (Vaud) (résumé). *Le Globe*, vol 41, p. 36-38.
- 66 — Sur la coupe géologique du Simplon. *C. R. Ac. Sc.*, t. 134, p. 726 et *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. XXXVIII, p. XXXIX-XLI.
- 67 — Les venues d'eau rencontrées dans le tunnel du Simplon du côté d'Iselle. *Bull. techn. Suisse romande*, vol. XXVIII, n^o 24, p. 317, 7 fig. (Critiques des coupes du tunnel et opinion sur les venues d'eau).
- 68 — Analogie entre les Carpathes et les Alpes. *C. R. Ac. Sc.*, t. 135, p. 872.
- 69 — (avec HAUG et P. CORBIN) Sur la découverte d'un nouveau massif granitique dans la vallée de l'Arve, entre Servoz et les Houches. *Ibid.*, t. 135, p. 1379.
1903. 70 — Les nappes de recouvrement de la Tatra et l'origine des Klippes des Carpathes. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. XXXIV et *Bull. Lab. Géol. Univ. Lausanne*, n^o 4, 51 p., 8 fig.
- 71 — (avec E. HAUG) Région des Annes; vallée de l'Arve, entre Servoz et les Houches. *Bull. Serv. Carte géol. France*, C. R. Coll. pour 1902, vol. XIII, p. 646-649.
- 72 — (avec F. A. FOREL et E. MURET) Les variations périodiques des glaciers des Alpes, 23^e rapport. *Annuaire Club alpin suisse*, vol. XXXVIII, p. 297-326.
- 73 — (avec M. RICKLIN et P. PERRIRAZ) Sur des bassins fermés des Alpes suisses. *C. R. Ac. Sc.*, t. 136, p. 1103.
1904. 74 — Les grandes nappes de recouvrement des Alpes suisses, conférence faite à Vienne en séance générale du IX^e Congrès géolo-

- gique international. *C. R. IX^e sess. Congr. géol. intern.*, Vienne, p. 477-492.
- 75 — Réponse à M. BALTZER. *Ibid.*, p. 129-132.
- 76 — Réponse à M. ROTHPLETZ. *Ibid.*, p. 132-133.
- 77 — La météorite de la Chervettaz près Chatillens. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. XL, 19 p., 6 fig., 1 pl. et *Bull. Lab. Géol. Univ. Lausanne*, n^o 6.
- 78 — Rapport sur les terrains pétrolifères roumains appartenant à la Société Sperantza, à Bucarest. Lausanne, J. Couchoud, 10 p.
- 79 — (avec F. A. FOREL et E. MURET) Les variations périodiques des glaciers des Alpes, 24^e rapport. *Annuaire Club alpin suisse*, vol. XXXIX, p. 297-314.
- 80 — (avec E. HAUG) Sur l'existence, dans le Salzkammergut, de quatre nappes de charriage superposées. *C. R. Ac. Sc.*, t. 139, p. 892.
- 81 — Échantillons de roches liasiques. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. XLI, p. xvi.
- 82 — Sur la distribution des sources thermales de Loèche-les-Bains (Valais). *Ibid.*, vol. XLI, p. xxiii.
1905. 83 — Bélemnites et radiolaires de la Brèche du Chablais. *Ecl. géol. Helv.*, vol. VIII, p. 419-420.
- 84 — Deuxième communication préliminaire sur la géologie de la région comprise entre le Sanetsch et la Kander. *Ibid.*, vol. VIII, p. 421-433.
- 85 — (avec F. A. FOREL et E. MURET) Les variations périodiques des glaciers des Alpes, 25^e rapport. *Annuaire Club alpin suisse*, vol. XI, p. 221-238.
- 86 — Présence certaine du Tithonique à Feydey-Leysin. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. XLI, p. liii.
- 87 — (avec E. ARGAND) Sur les grandes nappes de recouvrement de la zone du Piémont. *C. R. Ac. Sc.*, t. 140, p. 1364.
- 88 — (avec E. ARGAND) Sur les homologues dans les nappes de recouvrement de la zone du Piémont. *Ibid.*, t. 140, p. 1491.
1906. 89 — Rapport d'expertise sur le gisement d'amiante de Goedverwacht (Transvaal). Lausanne, impr. H. Vallotton, 15 p.
- 90 — (avec E. ARGAND) Sur l'existence de grands phénomènes de charriage en Sicile. *C. R. Ac. Sc.*, t. 142, p. 966.
- 91 — (avec E. ARGAND) Sur la grande nappe de recouvrement de la Sicile. *Ibid.*, t. 142, p. 1001.
- 92 — (avec E. ARGAND) Sur la racine de la nappe sicilienne et l'arc de charriage de la Calabre. *Ibid.*, t. 142, p. 1107.
- 93 — (avec F. A. FOREL et E. MURET) Les variations périodiques des glaciers des Alpes, 26^e rapport. *Annuaire Club alpin suisse*, vol. XLI, p. 268-287.
- 94 — Sur les gisements d'asbeste du Goedverwacht (Transvaal). *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. XLII, p. xi.
- 95 — Sur la décalcification. *Ibid.*, vol. XLII, p. xx-xxi.
- 96 — Observations sur le mémoire de MM. SARASIN et COLLET, intitulé : La zone des cols dans la région de la Lenk et d'Adelboden. *Ibid.*, vol. XLII, p. xxviii-xxix et *B. S. G. F.*, (4), VI, p. 191-192.

- 97 — (avec M. RICKLIN) Cendres du Vésuve des chutes d'avril 1906. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. XLII, p. xxxii.
- 98 — Notice nécrologique sur Eugène RENEVIER. *Actes Soc. helv. Sc. nat.*, Saint-Gall.
- 99 — Crétacique et Tithonique de Leysin. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. XLIII, p. II.
- 100 — Bauxite de Bédarieux. *Ibid.*, vol. XLIII, p. v.
1907. 101 — Calcaire jurassique corrodé. *Ibid.*, vol. XLIII, p. viii.
- 102 — Ancien glacier de la Grande-Eau (Alpes vaudoises). *Ibid.*, vol. XLIII, p. viii-ix.
- 103 — La fenêtre de Saint-Nicolas. *Ibid.*, vol. XLIII, p. lvii.
- 104 — Les fenêtres d'Ardon. *Ibid.*, vol. XLIII, p. lviii.
- 105 — (avec F. A. FOREL et E. MURET) Les variations périodiques des glaciers des Alpes, 27^e rapport. *Annuaire Club alpin suisse*, vol. XLII, p. 273-290.
- 106 — Notice nécrologique sur E. RENEVIER. *B. S. G. F.*, (4), VII, p. 130-135.
1908. 107 — Excursion destinée à l'étude des nappes de recouvrement. *Livret Excurs. scient. IX^e Congr. intern. Géogr.*, p. 6-26, 2 fig., Genève, Romet.
- 108 — Quelques faits nouveaux concernant la structure des Hautes Alpes calcaires berno-valaisannes. *Ecl. géol. Helv.*, vol. X, p. 37.
- 109 — L'origine du naphte. *Ibid.*, vol. X, p. 487.
- 110 — Observations sur le mémoire de MM. COLLET et SARASIN sur la zone des cols et la géologie du Chamossaire. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. XLIV, p. xxxv-xxxviii.
- 111 — Tectonique des Préalpes internes, réponse à MM. SARASIN et COLLET. *Ibid.*, vol. XLIV, p. lvii-lviii.
- 112 — La fenêtre d'Audon. *Ibid.*, vol. XLV, p. iii.
- 113 — Remarques à propos des travaux de MM. LIMANOWSKI et ARBENZ. *Ibid.*, vol. XLV, p. xv.
- 114 — Le glacier karstique de la Plaine-Morte. *Ibid.*, vol. XLV, p. xliv-xlvi.
- 115 — Remarques à propos de la communication de M. A. HEIM, sur « Schichtung bei chemischen Sedimenten ». *Ecl. géol. Helv.*, vol. X, p. 740.
1909. 116 — Sur le Nummulitique de la nappe du Wildhorn entre le Sanetsch et la Kander. *Ibid.*, vol. X, p. 737-739.
- 117 — Cailloux exotiques provenant du Crétacique supérieur des Préalpes médianes. *Ibid.*, vol. X, p. 739.
- 118 — Remarque à propos de la communication de M. F. JACCARD, sur « la région du Mont d'Or ». *Ibid.*, vol. X, p. 744.
- 119 — Excursion de la Société géologique suisse dans les Hautes Alpes calcaires berno-valaisannes. *Ibid.*, vol. X, p. 759-771.
- 120 — Sur les relations tectoniques des Préalpes internes avec les nappes helvétiques de Morcles et des Diablerets. *C. R. Ac. Sc.*, t. 149, p. 321.
1910. 121 — Carte géologique des Hautes Alpes calcaires entre la Lizerne et la Kander. Échelle 1/50 000^e. *Mat. Carte géol. Suisse*, nouv. série, XXX^e livr. Carte spéciale n° 60. Berne, Francke.
- 122 — Le traité de Géographie physique de E. DE MARTONNE. *Le Globe*, t. XLIV, p. 80-84.

- 123 — Sur quelques faits nouveaux des Préalpes internes. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. XLVI, p. LII-LIV.
- 124 — Sur l'éboulement de Sierre (Valais). *Ibid.*, vol. XLVI, p. LXII.
- 125 — Sur le fer magnétique dans le limon du Rhône. *Ibid.*, vol. XLVI, p. LXXIII.
1911. 126 — Présentation de la carte géologique des Hautes Alpes calcaires. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 19-20.
- 127 — Remarque à propos d'une communication de M. Gentil sur le Maroc. *Ibid.*, p. 24.
- 128 — Rapport sur l'attribution du Prix Plantamour-Prévost. Université de Genève, Rapport du Recteur et des jurys, p. 37-41.
- 129 — Sur une inversion locale de pente du lit rocheux du Rhône en aval de Bellegarde (Ain). *C. R. Ac. Sc.*, t. 152, p. 1798.
- 130 — Le projet de captation du Haut-Rhône français : Le barrage de Génissiat. *La Houille blanche*, tirage spécial de juin, 15 p., 21 fig., 1 pl.
- 131 — Sur deux phases de plissements paléozoïques dans les Alpes. *C. R. Ac. Sc.*, t. 153, p. 842.
- 132 — Sur quelques conséquences de deux stades de plissement paléozoïques dans les Alpes. *Ibid.*, t. 153, p. 984.
- 133 — (avec M^{me} E. JÉRÉMINE) Les Bassins fermés des Alpes suisses. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. XLVII, p. 461-650, 4 fig., 12 pl. et *Bull. Lab. Géol. Univ. Lausanne*, n° 17.
- 134 — Le projet de captage du Haut-Rhône français. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 185-188.
1912. 135 — Tortue fossile de l'oxfordien de Tanneverge. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. XLVIII, p. XII.
- 136 — Les sources thermales de Loèche-les-Bains. *Mat. Carte géol. Suisse*, nouv. sér., XXXVIII^e livr., avec 2 pl. h. t. et 5 fig. Berne, A. Francke.
- 137 — Le traité de Géologie du professeur Émile HAUG. *La Géographie*, t. XXV, p. 225-230.
- 138 — Utilisation du Haut-Rhône français. Étude sur le projet de Génissiat. Brochure en coll. avec l'ingénieur ROCHET et le Comité d'Étude du Haut-Rhône, 10 fig., 3 pl., Paris, hors commerce.
- 139 — Étude géologique sur le projet de barrage du Haut-Rhône français à Génissiat (près Bellegarde). *Mém. Soc. géol. France*, Géol., 4^e sér., t. II, n° 8, 136 p., 31 fig., 7 pl.
- 140 — Sur la tectonique de la nappe de Morcles et ses conséquences. *C. R. Ac. Sc.*, t. 155, p. 623 et *Ecl. géol. Helv.*, vol. XII, p. 180.
1913. 141 — Sur un nouveau mode d'érosion fluviale. *C. R. Ac. Sc.*, t. 156, p. 582 et *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. XLIX, p. VIII-XI.
- 142 — (avec M^{me} E. JÉRÉMINE) Sur la présence de bandes calcaires dans la partie suisse du massif des Aiguilles-rouges. *C. R. Ac. Sc.*, t. 156, p. 1473 et *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. XLIX, XXIX-XXXI.
- 143 — La chanson du « Moine Thrust ». Lausanne, Imprimeries réunies.
- 144 — (avec M^{me} E. JÉRÉMINE) La Carte des bassins fermés des Alpes suisses, avec 2 cartes h. t. au 250 000^e. *Bull. Lab. Géol. Univ. Lausanne*, n° 19, 22 p.

- 145 — Rapport sur l'attribution du Prix Fontannes pour 1913 à J. BOUSSAC. *Public. séparée*, 16 p., Paris, Soc. géol. de France. Réimpression in *B. S. G. F.*, (4), XVII, 1917, p. 321-333.
1914. 146 — L'origine des Alpes vaudoises. *Écho des Alpes*, 50^e ann., p. 47-48.
- 147 — Les Hautes Alpes calcaires entre la Lizerne et la Kander. *Mat. Carte géol. Suisse*, nouv. sér., XXX^e livr., fasc. I, 8 pl., 94 p. Berne, A. Francke.
- 148 — Notes relatives à la conférence de M. Maurice LUGEON sur l'origine des Alpes vaudoises. *Écho des Alpes*, 50^e année, p. 78-81.
- 149 — Cristaux géants de pyrite de la Chalcidique (Grèce). *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. L, P.-V., p. 13).
- 150 — Rapport sur l'attribution de la médaille Albert Gaudry à E. HAUG. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 109-112.
- 151 — Sur l'ampleur de la nappe de Morcles. *C. R. Ac. Sc.*, t. 158, p. 2029 et *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. L, P.-V., p. 52.
- 152 — Sur la translation de l'autochtone sous la nappe de Morcles. *C. R. Ac. Sc.*, t. 159, p. 192 et *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. L, P.-V., p. 63.
- 153 — Sur la présence de lames cristallines dans les Préalpes et sur leur signification. *C. R. Ac. Sc.*, t. 159, p. 685.
- 154 — Sur quelques conséquences de la présence des lames cristallines dans le soubassement de la zone du Niesen (Préalpes suisses). *Ibid.*, t. 159, p. 778.
1915. 155 — (avec Gerhard HENNY) Sur la zone du Canavèse et la limite méridionale des Alpes. *Ibid.*, t. 160, p. 321.
- 156 — (avec Gerhard HENNY). La limite alpine-dinarique dans les environs de l'Adamello. *Ibid.*, t. 160, p. 365.
- 157 — Le striage du lit fluvial. *Ann. Géogr.*, vol. XXIII-XXIV, p. 385-393, pl. XI.
- 158 — La photographie à grand écartement. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. L, P.-V., p. 125.
- 159 — Recherches dans le massif de Morcles. *Actes Soc. helv. Sc. nat.*, Genève, 97^e sess., vol. II, p. 170 et *Ecl. géol. Helv.*, vol. XIV, p. 14.
1916. 160 — Sur la coloration en rose des roches du massif des Aiguilles-Rouges. *C. R. Ac. Sc.*, t. 162, p. 426 et *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. LI, P.-V., p. 12.
- 161 — Gisements calcaires du massif des Aiguilles-Rouges et coin de gneiss d'Alesses. *Ibid.*, vol. LI, P.-V., p. 30.
- 162 — Sur l'inexistence de la nappe du Augsmatthorn. *Ibid.*, vol. LI P.-V., p. 55.
- 163 — Sur l'origine des blocs exotiques du Flysch préalpin. *Ecl. géol. Helv.*, vol. XIV, p. 217.
- 164 — Sur l'origine des blocs exotiques. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. LI, P.-V., p. 85.
- 165 — Les Hautes Alpes calcaires entre la Lizerne et la Kander. *Mat. Carte géol. Suisse*, nouv. sér., XXX^e livr., fasc. 2, 8 pl., p. 95 à 206.
1917. 166 — Notice nécrologique sur Jean BOUSSAC. *B. S. G. F.*, (4), XVII, p. 323-341.
- 167 — (avec H. SIGG) Observations géologiques et pétrographiques dans la Chalcidique orientale. *Bull. Lab. géol. Univ. Lausanne*, n^o 22 et *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. LI, p. 539.

- 168 — Remarques à propos des sourciers. *Ibid.*, vol. LI, p. 165.
- 169 — Les couches de Wang dans les Préalpes à propos d'une communication de M. E. GAGNEBIN. *Ibid.*, vol. LI, P.-V., p. 187.
- 170 — Sur le Sidérolithique des Hautes Alpes calcaires occidentales. *Ibid.*, vol. LI, P.-V., p. 189.
- 171 — Sur les inclusions du substratum cristallin du Trias des massifs hercyniens alpins. *Ibid.*, vol. LI, P.-V., p. 198.
1918. 172 — (avec H. SIGG) Sur le charbon des couches à *Mytilus* en aval de Vuargny sur Aigle (Vaud). *Ibid.*, vol. LII, P.-V., p. 9.
- 173 — Sur quelques charbons d'âge non carbonifère de la vallée du Rhône valaisan. *Ibid.*, vol. LII, P.-V., p. 11.
- 174 — (avec L. GENTIL et L. JOLEAUD) Sur l'existence de grandes nappes de recouvrement dans le bassin du Sebou (Maroc). *C. R. Ac. Sc.*, t. 166, p. 217.
- 175 — (avec L. GENTIL et L. JOLEAUD) Sur l'extension des nappes de recouvrement du bassin du Sebou (Maroc). *Ibid.*, t. 166, p. 290.
- 175 bis — (avec L. GENTIL et L. JOLEAUD) Les nappes de charriage du bassin du Sebou (Maroc occidental). *C. R. somm. S. G. F.*, p. 115-117.
- 176 — (avec H. SIGG) Sur quelques roches éruptives de la Caroline du Nord. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. LII, p. 99 et *Bull. Lab. Géol. Univ. Lausanne*, n° 25.
- 177 — (avec L. GENTIL et L. JOLEAUD) Sur l'existence d'une nappe triasique indépendante dans le bassin du Sebou. *C. R. Ac. Sc.*, t. 166, p. 472.
- 178 — (avec L. GENTIL et L. JOLEAUD) Sur l'âge des nappes pré-rifaines et sur l'écrasement du détroit sud-rifain (Maroc). *Ibid.*, t. 166, p. 614.
- 179 — Les Hautes Alpes calcaires entre la Lizerne et la Kander. *Mat. Carte géol. Suisse*, nouv. sér., XXX^e livr., fasc. 3, 12 pl., p. 207-360.
1919. 180 — Sur le lambeau de recouvrement du sommet des Diablerets. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. LII, P.-V., p. 95.
- 181 — Sur la Sidérolithique de la Cordaz. *Ibid.*, vol. LII, P.-V., p. 109.
- 182 — Sur la géologie des environs des Plans de Frenières. *Ibid.*, vol. LII, P.-V., p. 138.
- 183 — Observations sur les feuilles de Renault et de Rélizane de la carte géol. d'Algérie. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 43.
- 184 — Notes et publications scientifiques. 2^e éd.
- 185 — (avec L. OULIANOFF) Sur la géologie du massif de la Croix-de-Fer. *C. R. Ac. Sc.*, t. 171, p. 563.
- 186 — Sur la géologie des Préalpes internes du Simmenthal. *Ecl. géol. Helv.*, vol. XVI, p. 97-102.
1921. 187 — Jean DE CHARPENTIER, géologue. Discours prononcé à Bex, le 19 juin 1920. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.* et *Bull. Lab. Géol. Univ. de Lausanne*, n° 29.
- 188 — (avec J. VILLEMAGNE) Sur un ancien lit glaciaire du Rhône entre Léaz et le Pont-Rouge des Usses (Haute-Savoie). *C. R. Ac. Sc.*, t. 172, p. 109.
- 189 — Évaluation approximative d'un temps géologique. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. LIV, p. 79.

- 190 — Échantillons de Bersgchläge du tunnel d'Amsteg. *Ibid.*, vol. LIV, p. 116.
- 191 — Sur un nouvel exemple de striage du lit fluvial. *C. R. Ac. Sc.*, t. 172, p. 828.
1922. 192 — (avec N. OULIANOFF) Sur le balancement superficiel des couches et sur les erreurs que ce phénomène peut faire commettre. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. LIV, n° 206, p. 383, et *Bull. Lab. Géol. Univ. Lausanne*, n° 32.
- 193 — Henri SIGG (notice biographique). *Actes Soc. helv. Sc. nat.*, Berne.
- 194 — (avec N. OULIANOFF) A propos d'une note de M. Ed. Paréjas, intitulée : « Sur quelques déformations de la nappe de Morcles et son substratum. » *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. LV, p. 53 et *Bull. Lab. Géol. Univ. Lausanne*, n° 35.
1923. 195 — Sur l'âge des grès de Taveyannaz. *Ecl. geol. Helv.*, vol. XVIII, p. 220.
- 196 — Sur la géologie du Chamossaire. *Ibid.*, vol. XVIII, p. 221.
1924. 197 — (avec N. OULIANOFF) Sur la géologie des environs de Camarasa (Catalogne). *C. R. Ac. Sc.*, t. 179, p. 863.
- 198 — Discours prononcé le 13 août 1922 devant le Recteur de l'Université de Louvain. *C. R. XIII^e Congr. géol. intern.*, Liège, 1^{er} fasc., p. 153.
- 199 — Sur le surcreusement fluvial. Exemple du Rio Uruguay. *C. R. Ac. Sc.*, t. 179, p. 1378.
1925. 200 — Sur le surcreusement fluvial. Exemple du Rio Negro d'Uruguay. *Ibid.*, t. 180, p. 180.
- 201 — Sur la présence de corps organiques fossiles dans les marbres de l'Uruguay. *Ibid.*, t. 180, p. 242.
- 202 — Les écaillés de la Forêt de l'Essert (Préalpes internes vaudoises) et présence d'une lame de granit. *Ecl. geol. Helv.*, vol. XIX, p. 649.
1926. 203 — Quelques lignes sur les nappes des Diablerets et du Wildhorn (Alpes de la Suisse occidentale). Livre jubilaire Cinquantenaire fondation Soc. géol. Belgique, Liège.
1927. 204 — (avec E. ANDRAU) Sur la subdivision du Flysch du Niesen dans la région du Pic Chaussy (Alpes vaudoises). *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. LVI, p. 289.
- 205 — Notes et publications scientifiques, 3^e éd.
- 206 — Discours prononcé sur la tombe d'Émile HAUG, à Niederbronn, le 31 août.
- 207 — Arnold PICTET. Discours prononcé à Genève, le 26 novembre. *Bull. Soc. Chimie industrielle*, oct.-déc., p. 1.
1928. 208 — Présence probable de Crétacique d'eau douce dans la Dent de Morcles. *Ecl. geol. Helv.*, vol. XXI, p. 70.
- 209 — Discours prononcé à l'inauguration du monument élevé à la mémoire de W. KILIAN.
- 210 — (avec E. GAGNEBIN) L'origine des sources de la Chambrette aux Plans sur Bex. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. LVI, p. 639 et *Bull. Lab. Géol. Univ. Lausanne*, n° 42.
- 211 — Réunion extraordinaire de la Société géologique de France dans les Pyrénées. Remarques diverses. *B. S. G. F.*, (4), XXIX, p. 524, 531, 532, 541, 543, 553.
- 212 — Géologie de Saillon. *Ecl. geol. Helv.*, vol. XXII, p. 154.

- 213 — Compte rendu de l'excursion de la Société géologique suisse dans les Hautes-Alpes calcaires vaudoises. *Ibid.*, vol. XXII, p. 63.
- 214 — Observation sur le contact de Diotret. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 195.
- 215 — (avec M^{me} E. JÉRÉMINE) Granit et Gabbro de la Sila de Calabre. *Mém. Soc. vaud. Sc. nat.*, n° 21, vol. 3 et *Bull. Lab. Géol. Univ. Lausanne*, n° 46.
- 216 — Trois tempêtes orogéniques. La Dent de Morcles. Livre jubilaire Soc. géol. France, p. 499-512.
- 217 — Rapport géologique sur le projet, dit projet 5, de construction d'une usine électrique (dite Usine III) sur le Rhône en aval de Genève au droit de Russin. Genève, Services industriels de la ville.
- 218 — Sur l'origine du granit. *C. R. Ac. Sc.*, t. 190, p. 1096.
- 219 — Discours prononcé aux obsèques de Pierre TERMIER, à Grenoble, le 27 octobre.
1932. 220 — Le glissement des hameaux de Montagnon et Produit, commune de Leytron (Valais). *Bull. Murithienne*, fasc. XLIX, p. 84.
- 221 — (avec C. SCHLUMBERGER) Application des méthodes de prospection électrique à l'étude des fondations de hauts barrages et des ouvrages annexes. *Génie civil*, 6 août.
1933. 222 — Barrages et géologie. Lausanne, F. Rouge et C^{ie}; Paris, Dunod, 138 p., 40 fig., 63 phot.
1934. 223 — Rapport sur l'attribution du prix Viquesnel à M. Marcel CASTÉRAS. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 126.
- 224 — Comment est née la Société géologique suisse. 2. Le cinquantenaire, etc. Guide géologique de la Suisse, fasc. I, p. 3-14.
- 225 — (avec Paul NIGGLI). Trajet Genève-Lausanne-Brig-Chur. *Ibid.*, fasc. 4, p. 285-306.
- 226 — Excursion n° 4. Le lac Léman. *Ibid.*, fasc. 5, p. 332-335.
- 227 — Excursion n° 5. Environs de Lausanne et Mormont. *Ibid.*, fasc. 5, p. 336-338.
- 228 — Excursion n° 19. Aigle-Sépey-Diablerets. *Ibid.*, fasc. 6, p. 426-431, 1 fig.
- 229 — Excursion n° 20. Bex-Les Plans-Anzeinde-Gryon. *Ibid.*, fasc. 6, p. 432-435, 1 fig.
- 230 — Excursion n° 21. Environs de Bex-Dent de Morcles. *Ibid.*, p. 436-443, 1 fig.
- 231 — Excursion n° 22. Lenk-Rawyl-Plaine Morte-Sierre. *Ibid.*, p. 444-449, 2 fig.
- 232 — Excursion n° 23. Kandersteg-Gemmi-Loèche-Torrenthorn. *Ibid.*, p. 450-454, 1 fig.
- 233 — Excursion n° 24. Kandersteg-Loetschenpass-Goppenstein. *Ibid.*, p. 455-458, 4 fig.
1935. 234 — Discours à la séance d'ouverture de la IV^e session du Congrès international de la vigne et du vin. *P.-V. des séances*, p. 18 et *Le Valais agricole*, n° 21, 33^e année, Sion.
- 235 — Utilité de l'auditohmmètre pour l'étude des pertes de barrages. *Actes Soc. helv. Sc. nat.*, Zurich, 2^e part., p. 468-470.
- 236 — Le cinquantenaire de la Société géologique suisse. *Ecl. géol. Helv.*, vol. XXVIII, n° 2, p. 375-384.

- 237 — Compte rendu de l'excursion D. *Ibid.*, vol. XXVIII, p. 392-414.
- 238 — Les journées de Lucerne. *Ibid.*, vol. XXVIII, p. 469-499.
- 239 — Discours prononcé à Briançon (27 sept. 1934). *In memoriam* Pierre TERMIER (1859-1930). Discours prononcés les 21 oct., 18 nov. 1933 et 27 sept. 1934 à l'inauguration des trois monuments commémoratifs. Paris, Jacques Arnaud, p. 117 à 124.
- 240 — Histoire des mines de Bex. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. LVIII, p. 395.
1936. 241 — (avec N. OULINOFF) Géologie de la région de la Noguera Palaresa en amont de Camarasa. *Ass. Ét. géol. Méditerranée occid.*, vol. 3, part. III, 8 p., 1 fig., 1 pl.
- 242 — Geotechnical Studies of foundation materials. 2^e Congr. grands Barrages, Washington.
1937. 243 — Préface de l'« Analyse mécanique » de H. GESSNER. Paris, Dunod,
- 244 — Notes et publications scientifiques. 4^e éd.
- 245 — (avec E. ARGAND) Atlas géologique suisse au 50 000^e, feuille 10, Saxon-Morcles (avec texte explicatif). Berne, Francke et C^{ie}.
- 246 — (avec E. GAGNEBIN) La géologie des collines de Chiètres. *Bull. Lab. Géol. Univ. Lausanne*, n° 57, et *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*
- 247 — Lettre à F. Kaisin (C. R. de l'inauguration du Mémorial Henry DE DORLÉDOT). Inst. géol. Univ. Louvain).
- 248 — Memorial to Albert HEIM. *Proc. geol. Soc. America*, p. 169-172.
1938. 249 — Quelques faits nouveaux des Préalpes internes vaudoises (Pillon, Aigrement, Chamossaire). *Ecl. géol. Helv.*, vol. XXXI, n° 1, p. 1-20.
- 250 — Les Ammonites jurassiques et crétaciques. Essai de *genera* par Frédéric ROMAN (analyse). *Rev. scientifique*, n° 8, 15 août.
- 251 — (avec N. OULINOFF) L'alluvion du Rhône valaisan. Essai de détermination de l'épaisseur par la méthode électrique. *Bull. Lab. Géol. Univ. Lausanne*, n° 64 et *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. LX, n° 247.
- 252 — Réponse lors de la remise de la Médaille Wollaston, le 18 février. *Abstr. Proc. geol. Soc. London*, n° 1339, p. 59 (réimprimé in Le Jubilé du professeur Maurice Lugeon, voir n° 264).
- 253 — Les chemins de la découverte (réimpression d'un article de Claude-Georges BOISSIÈRE). *Le Temps*, 14 août.
- 254 — Sur des observations géologiques en Anatolie. *C. R. Ac. Sc.*, t. 207, p. 702.
- 255 — Discours prononcé à Grenoble lors de l'inauguration du monument élevé à la mémoire de Wilfrid KILIAN, Charles LORY et Pierre TERMIER.
1940. 256 — (avec Daniel SCHNEEGANS) Sur le diastrophisme alpin. *C. R. Ac. Sc.*, t. 210, p. 87.
- 257 — Sur la formation des Alpes franco-suisse. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 7.
- 258 — A propos de la note de M. Léon MORET sur le rôle probable des Holothuries dans la genèse de certains sédiments calcaires. *Ibid.*, p. 28.
- 259 — Atlas géologique de la Suisse au 50 000^e, feuille 19, les Diablerets avec texte explicatif. Berne, Francke et C^{ie}.
- 260 — Emile ARGAND (Nécrologie). *Actes Soc. helv. Sc. nat.*, Locarno.

- 261 — Émile ARGAND (Nécrologie, édition complète). *Bull. Soc. neuchâtoise Sc. nat.*, t. 65.
1941. 262 — (avec Élie GAGNEBIN) Observations et vues nouvelles sur la géologie des Préalpes romandes. *Bull. Lab. Géol. Univ. Lausanne*, n° 72, et *Mém. Soc. vaud. Sc. nat.*, n° 47.
- 263 — Une hypothèse sur l'origine du Jura. *Bull. Lab. Géol. Univ. Lausanne*, n° 73 et *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. LXI, n° 256.
- 264 — Le jubilé du Professeur Maurice LUGEON. Lausanne, Librairie de l'Université, F. Rouge et C^{ie}, 180 p.
1942. 265 — C. R. Excursion de la Société géologique suisse dans le Valais. I. Promenade à Valère. *Ecl. géol. Helv.*, vol. XXXV, n° 2, p. 155.
- 266 — Observation à la communication de M. Augustin Lombard et âge de la Brèche du Hahnenmoos. *Ibid.*, vol. XXXV, n° 2, p. 124.
- 267 — Université d'Aix-Marseille. Rentrée solennelle du 10 nov. 1941. Remerciements pour le grade de docteur *honoris causa*. Marseille, Imprimerie marseillaise.
1943. 268 — Le béryl du Grand Saint-Bernard. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. LXII, n° 2, p. 281.
- 269 — Une nouvelle hypothèse tectonique : la Diverticulation. Note préliminaire. *Ibid.*, vol. LXII, n° 260.
- 270 — (avec Élie GAGNEBIN) Observations géologiques dans la vallée d'Adelboden. *Ecl. géol. Helv.*, vol. XXXVI, n° 1, p. 55.
1944. 271 — Souvenir à quelques amis. Lausanne, Imprimerie La Concorde.
1945. 272 — (avec Élie GAGNEBIN) Une ammonite cénomaniennne dans le Flysch de la Breggia (Tessin méridional). *Ecl. géol. Helv.*, vol. 37, n° 2, p. 203.
- 273 — La recette de la fondue vaudoise. Chez l'auteur.
- 274 — Notes et publications scientifiques. 5^e éd.
1946. 275 — A propos de la note de R. BARBIER sur le problème de l'enracinement des klippen de Savoie. *B. S. G. F.*, (5), XVI, p. 485-489.
- 276 — Sur le prétendu métamorphisme du Trias autochtone alpin. *Ibid.*, (5), XVI, p. 609-628.
1947. 277 — Hommage à Auguste Buxtorff et digression sur la nappe de Morcles. *Verh. naturf. Gesellsch.*, Bâle, vol. LVIII, p. 107-131.
- 278 — Pologne 1919-1939. Vie intellectuelle et artistique. La géologie, la paléontologie, la pétrographie et la minéralogie. Vol. III, art. XVIII, p. 455-462, Neuchâtel, Édition de la Baconnière.
1948. 279 — Spöl. Lettre adressée à M. le Dr Ch. J. BERNARD, président de la Ligue suisse pour la protection de la nature. *Biblioth. suisse pour la protection de la nature*, vol. 6, p. 13-19.
- 280 — (avec Marc VUAGNAT) Quelques considérations sur le Flysch du soubassement de la Dent de Morcles (Relations entre la Tectonique et la composition pétrographique). *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. LXIV, n° 272 et *Bull. Lab. Géol. Univ. Lausanne*, n° 90.
- 281 — Présentation d'un relief géologique des Hautes Alpes vaudoises. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. LXIV, n° 271, P.-V., p. 198.
- 282 — Testament d'un grand savant. *Les Alpes, Rev. Club alpin suisse*, vol. XXIV, n° 12, p. 198.
- 283 — A propos de la communication de MM. M. DREYFUS et L. GLANGEAUD. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 335.

1949. 284 — Cent ans de géologie vaudoise. *Suisse contemporaine*, 9^e année, n^o 7-8.
- 285 — Question de mode en géologie et autres histoires : le décoiffement. *Annales Hébert et Haug*, t. VII, p. 262-274
- 286 — Élie GAGNEBIN. Notice nécrologique. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. LXIV, n^o 275, P.-V., p. 397-399.
1950. 287 — Élie GAGNEBIN (notice biographique avec bibliographie et portrait). *Actes Soc. helv. Sc. nat.*, Lausanne, 1949 et *B. S. G. F.*, (5), XX, p. 155-161.
- 288 — A propos de la note de M. E. ROCH sur l'âge du relief jurassien de la montagne du gros Faoug (Savoie). *C. R. somm. S. G. F.*, p. 22.
- 289 — Cristaux de quartz hyalin de la Croix de Javerne, Hautes-Alpes vaudoises. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, en impression.
- 290 — La brèche et la colline d'Aigrement (Préalpes vaudoises). Une erreur et une énigme. *Ecl. geol. Helv.*, vol. XLII, n^o 2, p. 155.
- 291 — (avec M^{me} E. JÉRÉMINE) Sur la confirmation de la présence d'un Précambrien d'origine glaciaire en Normandie (Manche). *C. R. Ac. Sc.*, t. 230, p. 1549.
- 292 — Allocution prononcée à l'occasion du jubilé scientifique de Charles JACOB, à Paris, le 20 décembre 1949, 9 p. Paris, Letouzey et Ané.
- 293 — Notes et publications scientifiques de Maurice LUGEON (publié à l'occasion de son 80^e anniversaire, 18 juillet 1870). Lausanne.
1951. 294 — Sur le prétendu Dôme du Pradet près de Toulon. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 115.
- 295 — Histoire fantasque du Rhône dédiée aux Rhodaniens. *Gazette de Lausanne*, 23-24 juin, n^o 147.
- 296 — Réponse à une enquête de Henri CORBIÈRE « Leurs débuts ». *Nouvelles littéraires*, 2 août.
- 297 — Discours de clôture de la Réunion géologique en Provence du 28 septembre au 6 octobre 1950, in *Compte rendu de la réunion* par S. FABRE-TAXY et S. GUÉRARD. *Annales Fac. Sc. Marseille*, sér. II, t. XXI, fasc. 1, p. 86-88.
- 298 — Note in 2^e partie « Réflexions et Impressions. *Ibid.*, p. 95-119.
1953. 299 — De la probabilité de déformations quaternaires de la région molasique suisse (dépression péri-alpine). *C. R. somm. S. G. F.*, p. 115-117.
-



Abigor

1863-1953

ALEXANDRE BIGOT

(1863-1953)

PAR **Louis Dangeard** ¹.

UN PORTRAIT.

Alexandre Bigot enseigna à l'Université de Caen pendant quarante-trois ans. Pendant vingt ans il fut Doyen de la Faculté des Sciences. Mais son activité scientifique, qui s'est traduite par plus de 350 notes ou mémoires, s'est étendue sur une période beaucoup plus longue puisqu'il n'a cessé de publier les résultats de ses recherches depuis 1882 jusqu'à ses dernières années. L'héritage qu'il nous a laissé est si considérable qu'il est difficile d'en faire un inventaire complet. Tous ceux qui veulent aborder quelque problème de géologie normande doivent, au préalable, consulter ses travaux. Ils sont sûrs d'y trouver une base solide pour leurs propres recherches.

Je me propose dans cette notice de retracer les étapes les plus marquantes de sa carrière, de souligner l'importance de ses recherches et les qualités essentielles de son œuvre qui continue magnifiquement celle des deux Deslongchamps ².

J'ai d'abord connu le Professeur Bigot en 1926 et en 1929 au cours des excursions de la Société géologique et minéralogique de Bretagne et de la Société géologique de France. Ces excursions, il savait les organiser et il les dirigeait avec autorité. Je le revois sur les rochers littoraux de Diélette, revêtu d'un ciré de marin et nous entraînant, malgré une pluie cinglante, à la recherche de lits grenatifiés intercalés dans les cornéennes. En 1929, la comparaison des couches les plus anciennes de Normandie et de Bretagne avait attiré un grand nombre de savants : Barrois, Lugeon, M^{me} Jérémigne, Jacques de Lapparent. Il y eut des discussions passionnées à Omonville-la-Rogue, à l'Anse Saint-Martin, au Diotret. Nous, les jeunes, étions fiers de pouvoir assister à des joutes de cette qualité.

Quelques années plus tard, lorsqu'il prit sa retraite, Bigot conti-

1. Notice lue à la séance du 31 mai 1954.

2. Un confrère de la Société linnéenne de Normandie donnera sous une autre forme, dans le *Bulletin* de cette Société, le récit de sa vie et s'attachera à faire revivre l'homme.

nuait à venir au laboratoire, à déterminer et à classer les fossiles avec soin. J'ai pu alors apprécier ses éminentes qualités de paléontologiste.

Ces souvenirs me permettent de faire ainsi ressortir dès l'abord les deux traits essentiels du grand savant normand, géologue de terrain infatigable et homme de laboratoire patient.

I. — SA CARRIÈRE.

A. Bigot est né à Cherbourg le 15 mai 1863. Son père, fils de petits paysans, était devenu chef d'atelier à l'Arsenal maritime. Sa mère était aussi d'ascendance terrienne. Il était fier de ses origines modestes et reconnaissant de l'exemple que lui avaient donné ses parents. Il en avait hérité la conscience professionnelle, le goût du travail bien fait. Grâce à une bourse d'internat, il fit de solides études au Collège de Cherbourg, puis en 1883 fut nommé répétiteur au Lycée du Havre. Louis Liard, alors Recteur de l'Université de Caen, avait signé cette première nomination.

Bigot s'intéresse aux collections du Musée du Havre ; il fait connaissance du directeur, Gustave Lennier. A Cherbourg, il rencontre le botaniste Louis Corbière avec qui il se lie d'amitié. Ensemble ils parcourent les landes de la Hague, cette « Bretagne en raccourci », pour laquelle il gardera toujours des sentiments de prédilection. Ils étudient la tranchée de chemin de fer entre Sottevast et Martinvast, y découvrent les Schistes à *Trinucleus*. Sa vocation était née.

De nouveau boursier, à la suite d'un concours, il vient préparer la licence de sciences naturelles à Caen. Ses maîtres furent Yves Delage, Jules Morière, Eugène Deslongchamps au profit de qui fut créée, en 1883, la chaire de Géologie et de Paléontologie. Ses camarades : Topsent et mon père, qui se destinaient l'un à la zoologie, l'autre à la botanique, étaient, comme lui, rompus aux observations sur le terrain. Cependant Bigot les confondait par son habileté à découvrir les fossiles. A cette époque on n'hésitait pas à publier de bonne heure. Nous trouvons déjà sous sa signature des notes sur les terrains siluriens de la Hague, des comptes rendus d'excursions. La Société linnéenne de Normandie, fondée en 1823 par Arcisse de Caumont, était florissante. En 1882, le Président était Lecornu, ingénieur en chef des Mines, auteur de cartes géologiques et d'importants travaux sur la Normandie ; le Secrétaire était Morière, excellent paléontologiste. En 1885, Bigot est promu Vice-Secrétaire. Il publie sa première note paléontologique. Mais bientôt il annonce son départ prochain pour Paris.

En effet, une bourse de la ville de Cherbourg va lui permettre de préparer une thèse à la Sorbonne. Hébert le remarque et le prend comme préparateur de 1888 à 1890. Commence alors une période extrêmement fructueuse pour sa formation scientifique et pour sa carrière. Il est entouré de grands savants : à la Sorbonne, Hébert, Munier-Chalmas ; à la Société géologique, Marcel Bertrand, Albert de Lapparent, Auguste Michel-Lévy. Il fréquente des paléontologistes tels que Cotteau, Paul Fischer. C'est à la Sorbonne qu'il se lie avec M. et M^{me} Oehlert. Il les accompagne dans de nombreuses courses et apprend ainsi à faire du bon travail de carte « dans les mauvais chemins, dans les champs boueux, par tous les temps ». Dès 1888, il est attaché comme collaborateur auxiliaire au Service de la Carte. Le Laboratoire de la Sorbonne, très vivant, était fréquenté par une pléiade de jeunes géologues dont beaucoup obtinrent presque en même temps que lui une chaire en province : Bergeron, Vasseur, Kilian, Nicklès, Seunes.

Plus tard il aimait à revenir à Paris, dans ce laboratoire où il se sentait « de la maison ». Il se tenait ainsi au courant des derniers progrès de la géologie.

* * *

Les circonstances allaient hâter son départ de Paris. Eugène Deslongchamps mourut prématurément en 1889. Louis Liard, devenu Recteur de l'Université de Paris, n'hésita pas, pour le remplacer, à porter son choix sur A. Bigot qui n'avait que vingt-sept ans et dont la thèse était à peine achevée.

Ce fut le début d'une nouvelle période extrêmement active. Bigot se met hardiment à la besogne. Il y a les cours nouveaux, les tournées de carte. Il faut organiser le laboratoire, créer des collections d'enseignement. Il a trouvé les échantillons épars sur des planches. Ils ont été, par ses soins, « triés, classés, réparés, moulés, collés, étiquetés... ». Désireux d'intéresser le grand public il fait de nombreuses conférences. Il fonde le *Bulletin du Laboratoire de géologie*. Me permettra-t-on d'indiquer qu'à la même époque son ancien camarade de licence, P.-A. Dangeard, commençait aussi la publication d'une revue, le *Botaniste*. Bigot nous a expliqué comment en faisant paraître ce *Bulletin* il reprenait une idée d'Eugène Deslongchamps : faciliter le travail des étudiants et faire connaître la géologie régionale. Il fallait continuer l'œuvre commencée au Havre, lors de l'exposition de 1877. La Normandie est une région classique mais, fait-il remarquer, il y reste bien des questions à résoudre. De 1890 à 1895 paraît un important travail intitulé modestement : « Esquisse géologique de la Basse-Nor-

mandie.» La publication de ce *Bulletin* cessa en 1895, date à laquelle il succéda à Lignier comme Secrétaire de la Société linnéenne. Dès lors c'est au développement de cette Société, à l'enrichissement de ses publications qu'il consacre ses efforts. A part une interruption de deux années, la continuité du secrétariat sera assurée par lui jusqu'à la fin de sa vie. Cette continuité était une des traditions de la Société puisque J.-A. Deslongchamps avait été pendant trente ans Secrétaire et Morière pendant vingt-deux ans.

En même temps qu'il est attaché définitivement à la chaire de Caen, il devient collaborateur adjoint au Service de la Carte géologique. Lecornu publiait à ce moment la 1^{re} édition de la feuille de Falaise, Barrois faisait paraître ses importants mémoires sur la faune du Grès armoricain et sur la distribution des Graptolites en France.

En 1894, Bigot épousa la fille unique de son prédécesseur. C'est tout naturellement alors que son œuvre scientifique fut liée à celle des Deslongchamps. Dans leur maison de la rue de Geôle, il trouva de nombreux ouvrages et de précieuses collections rassemblées depuis 1830. Plus tard, dans le calme du château de Mathieu, il connut une atmosphère propice aux travaux scientifiques.

Dans la leçon d'ouverture des cours en 1896, il a bien défini les buts qu'il s'était assignés : « Faire progresser la haute science, donner à nos candidats aux divers grades universitaires l'instruction qu'ils viennent chercher près de nous, faire enfin de nos laboratoires des offices de renseignements pratiques, justifiant aux yeux du grand public la nécessité des établissements d'enseignement supérieur et les sacrifices qui sont consentis pour eux. » Il expose aussi comment les collections régionales doivent faire l'objet de soins attentifs. Cette tâche, il la considère comme « colossale » mais il s'y attaque de toutes ses forces, en souhaitant qu'il y ait davantage de géologues pour la mener à bien et en faisant appel à des collaborateurs bénévoles. A la Société linnéenne, il fut un Secrétaire très actif. Presque à chaque séance, il communique des observations nouvelles, présente des échantillons, analyse les travaux qui viennent de paraître.

En 1898, il est élu au Conseil de l'Université. Dans les Sociétés savantes son influence grandit rapidement : en 1902, il est Président de l'Académie des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Caen ; en 1903, il est Secrétaire des Assises de Caumont qui réunissent tous les dix ans les membres des Sociétés régionales pour faire le point des acquisitions scientifiques. La même année, il est Vice-Président de la Société géologique de France. Parallèlement, son activité est de plus en plus féconde dans tous les domaines concer-

nant l'hygiène, l'alimentation en eau des communes. Il est Secrétaire du Conseil départemental d'hygiène depuis 1901. Il remplit ces fonctions avec un vif souci de l'intérêt général, ce qui lui vaudra une médaille de vermeil des Services d'hygiène.

Le lever de la carte n'est pas négligé pour autant. Il travaille activement sur les feuilles de Barneville, Alençon, Mayenne, Les Pieux.

A cette époque, Brasil, qui sera Président de la Société linnéenne en 1903, faisait paraître d'intéressantes notes paléontologiques. Ensemble ils commenceront l'étude de la magnifique faune de Glos.

*
* *

L'année 1907 représente une date importante de sa carrière. Ses collègues, qui l'avaient déjà choisi comme Assesseur en 1904, le désignèrent aux fonctions de Doyen, fonctions qu'il conservera jusqu'en 1927. Il assume de la sorte une lourde tâche supplémentaire d'autant plus qu'il aura à franchir à ce poste la période difficile de la guerre de 1914-1918, période combien douloureuse pour lui, puisque son fils, André Bigot, qui avait commencé l'étude des Sciences naturelles, fut tué en Argonne. Plus tard, d'autres deuils devaient l'atteindre cruellement. Sa fille aînée mourut en Algérie en 1925 en laissant de tout jeunes enfants. Sa femme décéda quelque temps avant la guerre de 1939.

Comment étant Doyen, trouve-t-il le temps de ne pas ralentir son activité scientifique ? Nous le voyons entreprendre des voyages à l'étranger. En 1907, il se rend dans le Derbyshire pour étudier les formations volcaniques du Carbonifère. En 1910, il prend part au Congrès international de Stockholm. En 1913, c'est la participation au Congrès de Toronto, où 600 délégués sont réunis. Au retour il fait à l'Association des Amis de l'Université une conférence intitulée « Du Niagara au Pacifique ». Le travail de carte continue sur les feuilles de Caen et de Falaise. En 1914, il publie une remarquable notice géographique sur la Basse-Normandie.

Une telle activité reçoit sa récompense. Notre Société l'appelle de nouveau en 1913 comme Vice-Président et lui décerne le Prix Prestwich. Il est élu Membre correspondant de l'Institut en 1919.

L'examen de la liste de ses publications pourrait faire croire qu'il y eut un léger ralentissement dans le rythme de ses travaux en 1920 et 1921. Cela n'aurait été en tout cas qu'une très courte pause, car il prend très vite une part active aux controverses qui se déclanchent dans l'Ouest. Les nouvelles conceptions de Ker-

forme sont révolutionnaires: Bigot répond à ses notes, retourne sur le terrain à la recherche de nouveaux arguments et c'est alors qu'il découvre en 1925 les fossiles cambriens de Carteret. Puis Rennes et Caen rapprochent leurs points de vue grâce aux belles excursions de la Société géologique et minéralogique de Bretagne en 1926 et 1928.

Ses fonctions administratives ne lui laissant pas assez de temps pour tirer parti de ses découvertes, il abandonne le Décanat en 1927. De 1927 à 1933, ses publications sont particulièrement nombreuses. Pendant cette période, où la géologie connaît un redoublement d'activité dans l'Ouest, une thèse s'achève à son laboratoire, tandis que deux autres thèses sortent du laboratoire de Rennes. Il termine la révision des feuilles de Coutances, de Saint-Lô et de Cherbourg, il étudie des coupes de forages, s'occupe de l'alimentation en eau de la ville de Caen. L'Académie des Sciences lui a décerné le prix Marquet en 1923.

*
* *

Il prend sa retraite en 1933 ; mais s'il a cessé son enseignement, il n'en continue pas moins ses divers travaux, en particulier les levers de cartes géologiques et les études de captages. En 1934, il est heureux de participer à une réunion de géologues français et anglais à Jersey. Il a soixante et onze ans et ses jambes sont moins alertes, aussi, comme il le raconte au retour, est-il reconnaissant aux jeunes confrères qui l'ont aidé à marcher sur les rochers glissants, couverts de varechs.

Il y a encore dans ses carnets beaucoup d'observations restées inédites. Il a résolu de les publier et il entreprend une série de « Notes de géologie normande ».

Et puis c'est de nouveau la guerre avec son cortège de tristesses, avec ses terribles conséquences pour la ville de Caen et pour l'Université. Il perd sa petite-fille dans le bombardement du dispensaire de la Miséricorde. Il apprend la destruction de la Bibliothèque et des collections géologiques si précieuses qui étaient rassemblées au laboratoire de la rue Pasteur. Journées tragiques ! La bibliothèque des Deslongchamps disparaît également, rue de Geôle, dans l'incendie du 9 juillet. Bigot et sa famille étaient heureusement réfugiés dans un autre quartier de Caen. Quelques jours après je le rencontrai dans la rue Arcisse-de-Caumont remplie de décombres. Il cherchait à se rendre compte de l'importance des dégâts subis par le Musée des Antiquaires...

C'est avec une fermeté remarquable qu'il traversa cette dure période. Pendant que la bataille se déroulait autour de Caen, il eut l'occasion de fournir aux Alliés des renseignements sur l'implantation de forages destinés à l'alimentation en eau de leurs troupes. La guerre finie, il lutta en faveur de l'Université menacée de suppression. Il était indigné que l'on put songer à profiter de la destruction de cette ville héroïque pour lui ravir son Université. Il rappelle que Caen est un centre scientifique d'une importance considérable. A 14 km se trouve le Laboratoire maritime de Luc créé autrefois par Eugène Deslonchamps. Les terrains des environs de Caen présentent un intérêt exceptionnel. Dans sa protestation il souhaite que le Service de géologie et la Faculté des Sciences toute entière soient non seulement maintenus mais accrus. Dans ses dernières années, il a pu se rendre compte de la renaissance du Laboratoire et de ses collections. Il a assisté à la pose de la première pierre de l'Université, il a vu les nouveaux bâtiments surgir de terre, mais les lenteurs de la reconstruction n'ont pas permis qu'il assistât à l'inauguration, — désormais prochaine — des nouveaux Services.

Sa production scientifique reste jusqu'au bout importante : le nombre de ses notes de géologie normande s'accroît sans cesse et s'élève finalement à 46 ! L'une de ses dernières publications a été faite en collaboration avec son petit-fils, Jacques Henry.

Bigot s'est éteint au château de Mathieu, dans sa quatre-vingt-dixième année, le 20 avril 1953.

Une cérémonie toute simple, mais très émouvante, eut lieu à l'église de Mathieu. Son corps repose dans le petit cimetière qui entoure cette église. Son gendre, l'ingénieur Henry, devait hélas, quelques mois plus tard, trouver la mort dans un accident d'automobile près de Mathieu.

C'est à juste titre que de grands honneurs ont été réservés à Bigot à la fin de sa carrière scientifique. En 1944, l'Académie des Sciences lui décerne le prix Albert 1^{er} de Monaco. En 1946, il est choisi comme lauréat du prix Albert Gaudry, la plus haute distinction de notre Société. En 1950, il reçoit l'insigne de Commandeur de la Légion d'Honneur au cours d'une cérémonie touchante qui réunissait ses amis, ses confrères des Sociétés savantes, les chefs des divers Services avec lesquels il avait collaboré. En prenant la parole à cette occasion il eut plaisir à rappeler le souvenir de tous ceux qui l'avaient aidé dans sa carrière, insistant sur les remerciements qu'il leur devait.

II. — SON ŒUVRE SCIENTIFIQUE.

Ses travaux les plus importants — si tant est que l'on puisse établir une telle hiérarchie — sont, à mon avis, ceux qui concernent les terrains cambriens. Bigot était l'un de ces géologues de l'Ouest pour lesquels l'étude des assises les plus anciennes de la série géologique avait un attrait particulier. De bonne heure il avait commencé à décrire les terrains siluriens du Nord du Cotentin et à y récolter des fossiles. Le choix de sa thèse, dû sans doute à Hébert, fut très heureux. Il y avait à étudier le faciès et à préciser la succession des assises inférieures aux « Couches contenant la faune seconde » et à montrer les relations exactes du « Système des Schistes de Saint-Lô » avec celui des « Conglomérats pourprés » et des « Schistes rouges ». Oehlert dans la Mayenne abordait les mêmes problèmes.

Ces recherches, qui l'ont occupé pendant près de quatre années, l'ont conduit de Cherbourg jusque dans le Maine, puis en Bretagne et dans les îles anglo-normandes, enfin dans le Pays de Galles et le Shropshire où il rechercha d'utiles comparaisons. Les résultats furent très importants. Dans son mémoire sur « L'Archéen et le Cambrien dans le Nord du Massif breton et leurs équivalents dans le Pays de Galles » [10]¹, il établit solidement la notion de la discordance des conglomérats pourprés sur les phyllades sous-jacents, montra la persistance d'une région émergée au centre du massif, reconnut l'existence, dans l'une des îles anglo-normandes, d'un vieux granite accompagné d'un cortège de micro-granites dont les galets se retrouvent à la base du Cambrien. La discussion sur l'emploi des termes Cambrien et Archéen est intéressante à lire, même de nos jours, car l'unanimité n'est pas encore faite sur l'âge exact qu'il faut attribuer aux Schistes de Saint-Lô.

Grâce à ce travail, la comparaison entre les couches normandes et celles de Bretagne et du Pays de Galles a fait de sérieux progrès. Cependant ces comparaisons à grande distance, basées sur des successions lithologiques, restent aléatoires. Il s'en rend compte et termine sa thèse par cette phrase : « La faune primordiale reste à trouver dans le Massif breton. » Plus heureux, Bergeron a découvert la faune cambrienne dans la Montagne Noire. Dans l'Ouest, Barrois avait prudemment donné le nom de Briovérien à la série des Phyllades de Saint Lô. Malgré les recherches de plusieurs géologues, les fossiles cambriens restaient introuvables.

1. Les nombres entre crochets renvoient à la liste des publications.

Mais en Bretagne la situation va évoluer. Kerforne montre l'existence de roches broyées au contact du Cambrien et du Briovérien au S de Rennes. Il en déduit, un peu vite, qu'il existe une véritable nappe de charriage en ce point. En tout cas il lui semble difficile de prouver l'antériorité des schistes briovériens. Milon trouve aussi des contacts anormaux dans la presqu'île de Crozon. Il découvre une microfaune dinantienne et des copeaux de radiolarites dans les couches des environs de Morlaix. Il remet en question l'âge des terrains du Trégorrois et du Léon. Kerforne exprime alors l'idée que le Briovérien pourrait être une « série compréhensive » dont la durée s'étendrait à tout le Paléozoïque. De plus, considérant que, ni la faune du Cambrien, ni celle du Trémadoc ne sont connues, il pense que l'on peut tout aussi bien attribuer la série rouge au Trémadoc.

Bigot répond à Kerforne dans ses « Observations sur l'existence d'une série compréhensive dans le Massif armoricain » [25]. Il maintient fermement les résultats acquis en Normandie, affirme qu'il y a bien une vieille série briovérienne recouverte en discordance par la série rouge. On peut faire çà et là des rectifications d'âge, on peut trouver des bandes intercalées mécaniquement dans une série différente, ce n'est pas une raison pour modifier la conception classique, du moins en Normandie : il n'y a pas, dans cette région, de série compréhensive. En 1925, Bigot apporte à ses vues une confirmation éclatante en découvrant à marée basse, cachés sous le goémon des rochers littoraux de Carteret, des fossiles caractéristiques du Cambrien. Sa note « Sur la présence de Trilobites et d'Archaeocyathidés dans les couches cambriennes des environs de Carteret » [97] eut un long retentissement. Dans les notes suivantes, il donne la description de cette faune qu'il vient de découvrir, montre que les calcaires sont épais d'au moins une cinquantaine de mètres et qu'ils présentent des types lithologiques variés. Il brosse enfin un tableau général du Cambrien normand dans lequel nous retrouvons les points fondamentaux de sa thèse mais où la succession des assises et leurs changements de faciès dans les diverses unités régionales sont grandement précisés. Ces travaux sont de ceux qui suffiraient à étendre au loin la renommée d'un géologue.

Pendant il y a beaucoup d'autres résultats dans l'œuvre de Bigot. Toujours dans cette région si spéciale de la Hague, il fait des observations importantes sur les « Déformations des grès cambriens avec galets aux environs de Cherbourg » [79]. Il s'agit du fameux poudingue de Hainneville. Déjà, dans sa thèse, il avait

signalé que dans le N du Cotentin les grès et les schistes cambriens se transforment en roches « blaviéristes » étirées, montrant de nombreux plans de glissement. L'écrasement résulte du chevauchement par des couches précambriennes. Avant la guerre, des réservoirs à mazout ont été creusés dans cette curieuse formation, ce qui lui a permis de faire des observations nouvelles et de recueillir de magnifiques échantillons. Les galets sont souvent disposés suivant les plans de schistosité, leurs extrémités sont cassées et soudées par du quartz fibreux. Certains galets atteignent une taille considérable. Les observations précises de Bigot sont d'autant plus intéressantes que l'âge cambrien du poudingue de Hainneville a été mis en doute et que, récemment, Lugeon avait cru reconnaître en ce point la « tillite » antécambrienne.

Encore dans la région du Cotentin, Bigot eut l'occasion de faire plusieurs découvertes importantes. En 1884, il avait annoncé que le granite de Flamanville traversait les schistes à Calymènes. Plus tard, il montra qu'il modifiait aussi les grès et les schistes fossilifères de Siouville, qui contiennent *Pleurodictyum problematicum*, des Bryozoaires et de nombreux Brachiopodes. Ainsi, avant les études classiques de Michel-Lévy, il était prouvé que le granite de Flamanville est postérieur au Dévonien inférieur.

En 1934, il signale la présence de « Fossiles dans le minerai de fer dévonien de Diélette » [81]. Ce sont des Brachiopodes conservés à l'état de calcite dans la magnétite. Dans la même roche, il trouve aussi des traînées d'oolithes disposées en lits entrecroisés. Ces observations complètent celles de Cayeux, ce dernier ayant établi par ses recherches au microscope que le minerai dérivait d'une ancienne roche calcaire oolithique.

Bigot s'intéressait aussi à la tectonique des terrains paléozoïques. En 1904, il a précisé l'allure des plis déjà étudiés par Lecornu, soulignant le fait que la plupart sont dissymétriques et faillés, essayant de trouver leur prolongement en Bretagne. Au N d'une ligne reliant Sées à Fougères, les divers synclinaux ont leur flanc nord plus redressé, ou déversé, ou supprimé par faille longitudinale, tandis qu'au S la disposition est inverse. Le changement de direction si remarquable de la zone bocaine est dû, selon lui, à l'existence d'un noyau ancien résistant.

En 1922, dans sa « Tectonique de la partie normande du Massif armoricain » [76], il reprend l'étude des plis, analyse les mouvements tangentiels, montre qu'il existe des contacts anormaux et des exemples de chevauchement mais que les déplacements n'ont pas été considérables. Les synclinaux normands sont bien enracinés. Au NW de la région, les plis ont été déviés par le vieux môle antécambrien.

Les travaux de Bigot sur les terrains jurassiques et en particulier sur le Bathonien sont nombreux et importants. Cet étage tient une place considérable dans les régions de Caen, de Falaise, d'Argentan, d'Alençon. Au N de Caen, de grandes carrières ont entamé les bancs de pierre de taille, et les « caillasses » qui les séparent. Au bord de la mer, les falaises exposent des gîtes fossilifères remarquables, déjà décrits par Eugène Deslongchamps.

Bigot a précisé les conditions de la transgression du Bathonien moyen et supérieur. La mer, comme au Cambrien, s'étant avancée sur une surface inégale, la sédimentation était troublée. Les lits sont entrecroisés; la roche est essentiellement formée d'éléments détritiques, mais ce sont des débris d'organismes calcaires et des oolithes. Il a surtout bien décrit les nombreux « hard-grounds » : ces surfaces durcies, perforées, couvertes d'Huîtres fixées. Hébert, J.-A. Deslongchamps connaissaient ces surfaces de « dénudation marine » et leur avaient attribué une grande importance. En Normandie, elles sont admirablement exposées, et Bigot a beaucoup contribué à une meilleure interprétation. Il a montré que non seulement il y avait interruption dans la sédimentation, balayage par les courants mais que, souvent aussi, il y avait rabotage de la surface des bancs et enlèvement des couches plus tendres. La dénudation et le ravinement se sont produits sous la mer sans émerision. Certaines de ces surfaces ont une grande extension, par exemple celle qui termine la Pierre de Ranville.

En plusieurs points de la Normandie, on connaît l'emplacement même de la ligne de rivage bathonienne, les anciens écueils battus par les vagues, la faune spéciale des rochers littoraux. Bigot a signalé le magnifique poudingue de Chailloué, près de Sées, dont les galets de grès siluriens, gros comme la tête, portent de nombreuses figures de percussion. Du calcaire dur qui surmonte le grès armoricain à Perrières, il a extrait patiemment une faune remarquable de Gastropodes et de Polypiers rappelant celle des célèbres « poches à Gastropodes » du Lias de May. Ces organismes sont de petite taille comme ceux que l'on remarque actuellement dans les fentes de rochers et dans les mares littorales.

Dans certaines régions, les faciès du Bathonien sont très uniformes. Seule la recherche persévérante de niveaux fossilifères permet d'établir une stratigraphie détaillée. C'est ce qu'a réalisé Bigot dans son étude sur les Monts d'Eraines, près de Falaise. Il a pu trouver un niveau marneux à Brachiopodes où la *Rhynchonella boueti*, caractéristique de la base du Bathonien supérieur, présente un faciès spécial.

Il a été remarqué que beaucoup de géologues s'intéressent à la

fois aux assises les plus anciennes et aux derniers niveaux de la série géologique. Bigot, en tout cas, n'a jamais négligé l'étude des formations quaternaires qui sont bien représentées en Normandie. Il nous a laissé d'intéressantes observations sur les terrasses de la vallée de l'Orne, sur les dépôts pléistocènes du Cotentin, montrant l'existence d'une « falaise fossile » conservée tout autour de la côte. Il a étudié aussi, en liaison avec les géologues anglais, les terrasses marines des îles anglo-normandes. Il a su souligner l'importance des phénomènes périglaciaires dans la morphologie des collines de Normandie et du Maine, et aussi dans l'aspect des falaises. Anecdote amusante : de passage au Musée de Stockholm il a pu identifier un tableau de Millet grâce à cet aspect caractéristique des falaises.

*
* *

Bigot avait le désir d'écrire un grand ouvrage sur la Normandie, qui eut rappelé celui de Gosselet sur l'Ardenne et permis à ses successeurs de bénéficier de toutes les observations qu'il avait notées sur ses carnets de route ou conservées dans sa mémoire qui était très fidèle. Ses nombreuses activités ne lui en ont pas laissé le loisir. Cependant il écrivit une série de livrets-guides, de comptes rendus d'excursions, d'ouvrages d'ensemble très précieux. C'est d'abord l'« Esquisse géologique de la Basse-Normandie » [200], parue dans le *Bulletin du Laboratoire de Géologie*, de 1890 à 1895. En 1900, se réunit à Paris le Congrès international. Une partie des congressistes visite la Normandie sous la conduite de Munier-Chalmas et de Bigot. Ce dernier rédige la Notice dans laquelle nous trouvons la coupe détaillée des falaises de la Hève, de Villers, de Trouville, de Villerville, la description des zones du Lias et de l'Oolithique dans les localités de Tilly et de Port-en-Bessin, les coupes de la vallée de la Laize et du plateau de May. En 1904, il publie une étude très complète sur le « Massif ancien de la Basse-Normandie et sa bordure » [210]. Il met déjà en évidence — avant l'époque des grands sondages — le caractère si particulier du bassin de Carentan, « région basse de la chaîne hercynienne ». Est aussi notée l'influence des inégalités très accentuées de la pénéplaine post-paléozoïque sur l'allure des couches secondaires qui sont « en harmonie inverse ». Ce travail était présenté à l'occasion de la Réunion extraordinaire de la Société géologique à Caen, Flers et Cherbourg, Réunion dont il a rédigé le compte rendu, comme l'a fait Oehlert en 1909 pour la Sarthe et la Mayenne.

De nouveau en 1926, en 1929 et en 1930, pour la Société géologique et minéralogique de Bretagne, pour la Société géologique de

France et pour la Geologists' Association, il fera le point des connaissances acquises dans sa région.

Enfin, en 1942, paraît l'ouvrage intitulé « La Basse Normandie. Esquisse géologique et morphologique » [243]. Il place sur la couverture l'image du château de Falaise dressé fièrement sur une crête de grès armoricain. On y trouve, à côté de descriptions empruntées aux anciennes notices, plusieurs chapitres originaux sur les roches volcaniques et les roches filoniennes, sur le littoral, sur la géophysique et aussi la définition des noms de « pays » tels que : Col du Cotentin, Cinglais, Pays d'Ouche... Certains termes, comme celui d'Avant-pays d'Auge, avaient été autrefois créés par lui. De nombreuses photographies illustrent ce volume.

Complétant ces ouvrages d'ensemble, une série de monographies ont vu le jour à l'occasion de chaque Congrès de l'Association normande. Presque toutes les régions ont été ainsi passées en revue : le Val de Saire, le Bessin, le Cinglais, la région de Carentan, l'arrondissement de Domfront, les environs de Honfleur... « Ces Notices, écrit-il avec simplicité, doivent beaucoup aux géologues qui ont étudié ces régions avant moi. En général elles n'ont rien d'original ». Cependant l'on y glane beaucoup de faits intéressants et l'on sent en lisant ces pages que Bigot avait parcouru tous les chemins de la région, qu'il en connaissait toutes les pierres et que son attachement à sa petite patrie était profond.

Les cartes géologiques nous ont conservé beaucoup d'observations demeurées par ailleurs sans commentaires. Une notice sur Bigot serait incomplète si l'on ne soulignait l'importance du travail accompli sur le terrain de 1886 à 1944. Pendant cette période, les diverses éditions d'une douzaine de feuilles ont vu le jour. Cet effort est un peu comparable à celui qu'a fourni Barrois pour la région bretonne. D'ailleurs Bigot était fier que l'on puisse considérer son œuvre comme un prolongement de l'œuvre monumentale de Barrois. La feuille de Falaise, traversée obliquement par le contact entre le « pays d'architecture tabulaire » et le « pays plissé » représente une belle réussite. Aussi sert-elle souvent de modèle pour apprendre aux étudiants à faire des levés sur le terrain ou à dresser des coupes au laboratoire. On en dirait autant de la feuille des Pieux, où l'on admire la précision avec laquelle sont indiqués les filons qui traversent le granite de Flamanville ; de la feuille de Coutances, plus ingrate cependant à lever, à cause de la monotonie du Briovérien et du granite de Vire qui occupent une large place. Il faut souligner la conscience avec laquelle Bigot a repris, alors qu'il était très âgé, l'étude difficile des contours dans la forêt de Perseigne, pour la révision des feuilles de Mortagne et de Nogent-le-Rotrou.

Certes ces cartes ne resteront pas immuables. Des modifications leur seront apportées grâce à la découverte d'affleurements, à l'ouverture de carrières ou à l'apport d'idées nouvelles. Cependant l'œuvre est de celles qui résistent à l'épreuve du temps.

Bigot avait annexé la Géographie physique qu'il considérait comme un chapitre de la Géologie. Il avait autrefois donné une série de cours sur ce sujet. Il a fait d'intéressantes remarques sur l'histoire de la vallée de l'Orne, sur les phénomènes de circulation souterraine et aussi sur l'évolution du littoral. Quand on dispose dans sa région d'un pareil développement de côtes, on ne peut manquer d'être frappé par les phénomènes d'érosion et de sédimentation, par les fluctuations du niveau marin, par le mouvement des dunes. La plupart de ses vues ont été exposées en 1913 dans une publication intitulée « La Basse-Normandie », étude de Géographie physique [124] et dans l'ouvrage, précédemment cité, de 1942.

* * *

J'en suis arrivé à parler du paléontologiste. Il est assez rare de trouver chez le même savant des qualités aussi différentes que celles qu'exigent la recherche en stratigraphie et les travaux de paléontologie. Bigot a toujours été un grand découvreur de fossiles. Il connaissait admirablement les faunes du Jurassique et n'avait pas d'hésitation lorsqu'on lui présentait un échantillon sur le terrain. Il a débuté par l'étude des fossiles siluriens provenant des grès de la Hague ou de la région de Caen. Il était nécessaire de revoir beaucoup d'espèces citées par divers auteurs mais insuffisamment décrites. Sa première note paléontologique est celle de 1885 sur les Tigillites qui ont été confondus parfois avec des Plantes. Il confirme l'opinion de G. de Tromelin et montre qu'il s'agit de moulages de tubes de Vers dont l'extrémité est en forme d'entonnoir ; tubes cylindriques comparables à ceux des Arénicoles de nos plages. Puis, guidé par Munier-Chalmas, il passe en revue les *Homalonotus* et les Pélécypodes des grès tels que les *Modiolopsis* et les *Orthonota*.

Après 1890, ce sont les fossiles du Secondaire qui retiennent son attention. Eugène Deslongchamps avait commencé la publication du « Jura normand ». Le désir de donner des commentaires aux admirables planches qu'avait laissées son beau-père lui fait entreprendre une « Contribution à l'étude de la faune jurassique de Normandie » [85, 88, 96], contribution fort importante qui se traduit tout d'abord par la parution de deux mémoires, le premier sur les Trigonies où il passe en revue une cinquantaine d'espèces et

décrit une vingtaine de formes nouvelles, le deuxième sur les *Opis*, genre établi par Defrance en 1825. Il crée l'une des cinq sections de ce genre, la section des *Trigonastarte*. L'une des deux planches qui accompagnent le mémoire reproduit des dessins d'Eugène Deslongchamps.

On peut dire que tous les groupes lui furent familiers. Il a beaucoup étudié les Brachiopodes, par exemple ceux des Monts d'Eraines et de la région d'Argentan. Il a commencé en 1898 la description des Crinoïdes conservés dans ces curieuses « lentilles à Échinodermes » intercalées dans les calcaires bathoniens de Luc-sur-Mer. Un nouveau mémoire, utilisant les récents travaux de Mortensen, Clark, Gislén qui ont complètement renouvelé l'étude des Comatules, paraît en 1938 aux *Annales de Paléontologie* [106]. Avec Brasil, il a commencé l'étude de l'admirable faune du Jurassique supérieur de Glos.

Enfin, suivant l'exemple de ses prédécesseurs dont l'un fut appelé le « Cuvier normand », il s'intéresse aux restes de Reptiles que l'on trouve dans les carrières d'argile à briques ou dans les falaises de Villers. En 1896, il a décrit une espèce nouvelle, le *Steneosaurus intermedius*, provenant du Callovien supérieur de Beuzeval. Il a décrit aussi des ossements de Sauroptérygiens et de Dinosauriens.

Son catalogue critique de la collection Defrance, ses revues des collections de la Faculté des Sciences de Caen, sont des instruments de travail précieux.

Il avait aussi comme terrain de chasse la Préhistoire, possédant d'ailleurs la même habileté pour exhumer des silex taillés que pour découvrir des fossiles. C'est lui qui a extrait en 1899 un magnifique coup de poing chelléen, en silex noir, d'une couche de limon surmontant la terrasse de Jerd'heux. La station de Feuguerolles, vestige d'un atelier intercalé dans les dépôts de solifluxion, a été découverte, explorée et décrite par lui. Il a étudié les stations d'Olendon et du plateau de Soumont. Il a cité et commenté les découvertes faites par divers chercheurs dans le Calvados.

* * *

La contribution de Bigot au développement du bassin minier et aux progrès de l'hydrogéologie normande est importante. Les recherches pour l'obtention des concessions ont été inspirées en grande partie par l'examen des contours si précis de la carte géologique. J'évoquerai le travail accompli séparément par trois géo-

logues, Kerforne, Cayeux et Bigot, dans le synclinal d'Urville qui renferme la plus importante des mines normandes, celle de Soumont. Je citerai aussi le gisement de Dielette où Bigot a travaillé avec son gendre. Une étude sur le Bassin minier de la Basse-Normandie a résumé l'état des connaissances en 1913.

En ce qui concerne l'hydrogéologie, ses travaux sont nombreux. Il était le géologue officiel des trois départements de Basse-Normandie. Adversaire des sourciers, il aimait à raconter comment le célèbre abbé Gabriel découvrait en tapant du pied la profondeur des courants d'eau ! Il s'est occupé de l'alimentation en eau des communes et aussi des villes telles que Caen, Cherbourg, Argentan, Alençon. Pour Caen, il a laissé une étude intéressante montrant que les exploitations minières n'ont pas d'influence sur les sources de Moulines. Il a préconisé le captage dans les alluvions profondes de la vallée de l'Orne. L'alimentation en eau des stations balnéaires, surpeuplées pendant l'été, posait de sérieux problèmes : aussi a-t-il suivi les forages de Saint Aubin, de Port-en-Bessin, etc... Souvent l'étude des forages lui a permis des constatations intéressantes : épaisseur anormale de l'Hettangien à Chef-du-Pont, existence d'un bassin artésien au Mesle-sur-Sarthe, présence du Trias au N de Caen.

Les observations accumulées depuis 1910 ont été réunies en 1935 dans son « Hydrogéologie de la Basse-Normandie » [183]. Il y distingue trois régions ayant chacune leur régime propre : le pays plissé, le pays tabulaire, la région de contact. Il cite de nombreux exemples de captages réalisés dans ces trois régions.

Vers la fin de sa vie, il a réuni en deux volumes, l'« Hydrogéologie du Calvados » [191] et l'« Hydrogéologie de la Manche » [192], une somme de documents précieux.

L'extraordinaire activité de Bigot s'est enfin manifestée par la rédaction de notices biographiques telles que celles de Deslongchamps, Morière, Oehlert, Bizet, etc..., par des analyses de travaux, des rapports sur l'attribution de prix, des conférences. Je ne puis tout évoquer. D'autres montreront qu'il faisait occasionnellement de l'archéologie et de l'histoire. En vérité on peut dire que rien de ce qui touchait à la Normandie ne le laissait indifférent, que ce soit l'enseignement de la Botanique à Caen au xvr^e siècle ou les épisodes du débarquement à Utah Beach. L'un de ses derniers écrits concerne M^{me} de Condorcet et ses relations normandes.

Alexandre Bigot restera le digne successeur des Deslongchamps, le grand géologue normand qui a construit sur le roc un édifice imposant. Il a été le bon stratigraphe des terrains les plus anciens de Normandie, le paléontologiste averti des faunes d'Invertébrés et de Reptiles du Jurassique, l'hydrogéologue de grande expérience.

De caractère assez entier, il a formé peu de disciples directs. Mais en dirigeant de nombreuses excursions, il a exercé une influence certaine sur de jeunes géologues chez lesquels il a contribué à développer le goût de la rigueur scientifique et de la recherche désintéressée.

Il fut l'un de ces hommes indispensables à la vie des Sociétés savantes, un citoyen dévoué au bien public.

Imbu de la grandeur du rôle du Savant, il voulait l'Université de Caen prospère et son influence rayonnante. Au poste de Doyen de la Faculté des Sciences, il a tenu la barre d'une main ferme.

Son œuvre scientifique possède une grande unité puisque la plupart de ses travaux sont consacrés à la Basse-Normandie et publiés à la Société linnéenne.

Il a rempli presque à lui seul le vaste programme qu'avait tracé autrefois Arcisse de Caumont et mis en pratique la devise de ce dernier : « Marche, sème, récoltera qui pourra. »

LISTE DES PUBLICATIONS DE A. BIGOT

Géologie de l'Ouest.

Stratigraphie.

Paléozoïque.

- 1882-83. 1 — Note sur la base du Silurien moyen dans la Hague. *Bull. Soc. linn. Normandie*, 3^e s., vol. 7, p. 31-35, 1 pl.
- 1883-84. 2 — (avec L. CORBIÈRE) Étude géologique des tranchées du chemin de fer entre Sottevast et Martinvast, Manche. *Ibid.*, 3^e sér., vol. 8, p. 25-49 et *Mém. Soc. Sc. nat. et math. Cherbourg*, t. XXIV, 1884, p. 97-118, 1 pl.
- 3 — Nouvelles observations sur le Silurien de la Hague. *Bull. Soc. linn. Normandie*, 3^e sér., vol. 8, p. 511-524, 1 pl.
- 1885-86. 4 — Le récif ancien de Montabard, Orne. *Ibid.*, 3^e sér., vol. 10, p. 363-369.
- 1886-87. 5 — Études sur les terrains anciens du Nord du Cotentin. *Ibid.*, 4^e sér., vol. 1, p. 9-11.
- 6 — Note sur le terrain dévonien des environs de Carteret et de Portbail. *Ibid.*, 4^e sér., vol. 1, p. 335-342.

1887. 7 — Sur quelques points de la Géologie des environs de Cherbourg. *Mém. Soc. Sc. nat. et math. Cherbourg*, t. XXV, p. 257-268, 1 pl.
1888. 8 — Le Précambrien et le Cambrien dans le Pays de Galles et leurs équivalents dans le Massif breton. *B. S. G. F.*, (3), XVII, p. 161-183.
1890. 9 — Sur la constitution et l'allure des Terrains anciens dans le Sud du département de l'Orne. *Bull. Soc. linn. Normandie*, 4^e sér., vol. 4, p. 203-206.
- 10 — L'Archéen et le Cambrien dans le Nord du Massif breton, et leurs équivalents dans le Pays de Galles. Thèse, Paris, E. Le Maout, 179 p., 49 fig.
1891. 11 — Sur la position des calcaires à *Wilsonia Henrici* de Baubigny, Manche. *Bull. Soc. linn. Normandie*, 4^e sér., vol. 5, p. 231-233.
1893. 12 — Sur la constitution géologique de la Forêt de Perseigne. *Bull. Lab. Géol. Caen*, t. III, p. 139-151.
1898. 13 — (avec D. P. OEHLERT) Note sur le massif silurien d'Hesloup. *B. S. G. F.*, (3), XXVI, p. 82-103.
1901. 14 — Note préliminaire sur la zone bocaine aux environs de Clécy. *Bull. Soc. linn. Normandie*, 5^e sér., vol. 5, p. xlii-xviii.
- 15 — Sur l'âge des schistes du Rosel, Manche. *B. S. G. F.*, (4), I, p. 272-273.
1902. 16 — L'Éperon de Vieuxvy. *Bull. Soc. linn. Normandie*, 5^e sér., vol. 6, p. lxxv-lxxvii.
1903. 17 — (avec D. P. OEHLERT) Note préliminaire sur le Dinantien d'Argentré (Ille-et-Vilaine). *Ibid.*, 5^e sér., vol. 7, p. 238-239.
- 18 — Groupement et notation des assises siluriennes de l'Ouest de la France. *Ibid.*, 5^e sér., vol. 7, p. 3-24.
1905. 19 — Terrains de la zone bocaine dans les environs de Torigni-sur-Vire et de Campeaux. *Ibid.*, 5^e sér., vol. 9, p. xxxiv-xxxv.
- 20 — Sur l'âge du granite de Vire. *C. R. Ac. Sc.*, t. 141, p. 739-740.
1912. 21 — (avec L. SUDRY) Structure et conditions de dépôt des calcaires cambriens de la Basse Normandie. *Mém. Soc. linn. Normandie*, t. XXIV, p. 112-115.
- 22 — Sur la terminaison occidentale du synclinal de la Brèche-au-Diable (Calvados). *B. S. G. F.*, (4), XII, p. 609-621.
1913. 23 — Sur la structure de la zone bocaine. *C. R. Ac. Sc.*, t. 157, p. 1485.
1923. 24 — (avec Mme JÉRÉMINÉ) Observations nouvelles sur la géologie de la Hague. *Ibid.*, t. 176, p. 221.
- 25 — Observations sur l'existence d'une série compréhensive dans le Massif armoricain. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 117-119.
1925. 26 — Sur le Cambrien de l'Est du Massif armoricain. *Bull. Soc. linn. Normandie*, 7^e sér., vol. 8, p. 93-113.
- 27 — (avec P. PRUVOST) Contribution à l'étude du Houiller et du Permien du Cotentin. *Ibid.*, 7^e sér., vol. 8, p. 25-40.
- 28 — Sur les calcaires cambriens de la région de Carteret et leur faune. *Ibid.*, 7^e sér., vol. 8, p. 130-144, pl. iv-viii.
1929. 29 — Les récifs en coupole du Cambrien de Carteret et les récifs de *Chlorellopsis*. *C. R. Ac. Sc.*, t. 189, p. 816.

- 30 — Sur une prétendue découverte de charbon à Saint-Fromond (Manche). *Bull. Soc. linn. Normandie*, 8^e sér., vol. 2, p. 20-22.
1934. 31 — Fossiles dans le minerai de fer dévonien de Dielette (Manche). *Ibid.*, 8^e sér., vol. 7, p. 44-45.
1935. 32 — Les conglomérats de Jersey. *Ibid.*, 8^e sér., vol. 8, p. 47-52.
1942. 33 — Le Dévonien du synclinal de Siouville (Manche). *B. S. G. F.*, (5), XII, p. 35-44.
1948. 34 — A propos du Cambrien armoricain. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 156-157.
1950. 35 — Les conglomérats cambriens de Hainneville-Brécourt et le Précambrien glaciaire. *Ibid.*, p. 213.

Secondaire.

- 1886-87. 36 — Note sur l'arkose du Val-de-Saire. *Bull. Soc. linn. Normandie*, 4^e sér., vol. 1, p. 12-16.
1890. 37 — Sur des phénomènes de décalcification du Jurassique à Pont-de-Landes et à May, Calvados. *Ibid.*, 4^e s., vol. 4, p. 59-60.
1891. 38 — Sur la position de la couche à *Leptaena* en Normandie et particulièrement à May-sur-Orne. *Bull. Lab. Géol. Caen*, t. I, p. 185-193, 1 pl.
1893. 39 — Sur le Bajocien des Buttes de Montrayé. *Bull. Soc. linn. Normandie*, 4^e sér., vol. 7, p. 26-28.
1926. 40 — La prétendue terrasse fluvio-glaciaire et le Bathonien de Longues (Calvados). *Ibid.*, 7^e sér., vol. 9, p. 133-136.
1926. 41 — Plate-forme littorale avec marmite du Bathonien de Chailloué (Orne). *C. R. Ac. Sc.*, t. 183, p. 440.
1927. 42 — Les conditions de dépôt du Bathonien inférieur dans le Bessin et dans la région de Caen. *Ibid.*, t. 184, p. 1103.
- 43 — Les conditions de dépôt du Bathonien supérieur dans la région de Caen. *Ibid.*, t. 184, p. 824-826.
1930. 44 — Sur l'horizon géologique du *Stenosaurus Lartetii* Eug. DES-LONGCHAMPS. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 29-31.
1932. 45 — Calcaires lobés du récif oxfordien de Bénéville (Calvados). *B. S. G. F.*, (5), II, p. 613-614.
1933. 46 — Notes géologiques sur les environs de Lisieux. *Bull. Soc. linn. Normandie*, 8^e sér., vol. 6, p. 9-23.
1934. 47 — Les récifs bathoniens de Normandie. *B. S. G. F.*, (5), IV, p. 697-736, 3 fig., pl. xxxvii-xliii.
- 48 — Les récifs bathoniens de Normandie. *C. R. Ac. Sc.*, t. 199, p. 400.
- 49 — Le Sinémurien de Vouilly (Calvados). — Réponse aux observations de M. Jean MERCIER (imprimée à la suite du tirage à part de la note précédente). *Bull. Soc. linn. Normandie*, 8^e sér., vol. 7, p. 34-36.
1936. 50 — (avec J. ONFRAY) Faciès sableux de la zone à *Peltoceras athleta* dans l'Orne. *Ibid.*, 8^e sér., vol. 9, p. 75-78.
1937. 51 — Une précision de M. Jean MERCIER. *Ibid.*, 8^e sér., vol. 10, p. 22.
- 52 — (avec J. ONFRAY) Faciès sableux de la zone à *Peltoceras athleta* dans l'Orne. Note complémentaire. *Ibid.*, 8^e sér., vol. 10, p. 20-21.

- 53 — Le Jurassique du Plateau de Saint-Martin-de-Fontenay (Calvados). *Ibid.*, 8^e sér., vol. 10, p. 17-39.
- 1938-39. 54 — L'Hettangien de Chef-du-Pont (note complémentaire). *Ibid.*, 9^e sér., vol. 1, p. 3-4.
1940. 55 — Stratification entrecroisée et transgressions bathonienne et cambrienne. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 27-28.
- 56 — Les surfaces d'usure et les remaniements dans le Jurassique de Basse Normandie. *B. S. G. F.*, (5), X, p. 165-176, pl. V.
1941. 57 — Jurassique inférieur de la Sarthe et du Maine-et-Loire. *Ibid.*, (5), XI, p. 227-240.
1945. 58 — A propos du calcaire de Jupille, commune de Fyé (Sarthe). *C. R. somm. S. G. F.*, p. 116-117.
- 1948-50. 59 — Observations à propos d'une note sur les couches à *Rhynchonella Wrighti*. *Bull. Soc. linn. Normandie*, 9^e sér., vol. 6, p. 14-15.

Tertiaire.

1891. 60 — (avec L. LECORNU) Sur le gisement des phosphates du plateau d'Orglandes, Manche. *Bull. Lab. Géol. Caen*, t. I, p. 123-128.
1897. 61 — Sur l'âge éocène des grès à *Sabalites Andegavensis* du département de la Sarthe. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 159-160 et *B. S. G. F.*, (3), XXV, p. 876.
1903. 62 — Sur l'âge des grès à *Sabalites* de Saint-Saturnin, Maine-et-Loire. *Ass. fr. Avanc. Sc.*, 32^e sess., Angers, p. 624-625.
1926. 63 — Le Lutétien du Bassin de Paris, de la Basse-Loire et du Cotentin, d'après un récent travail de M. ABRARD. *Bull. Soc. linn. Normandie*, 7^e sér., vol. 9, p. 29-32.

Quaternaire.

1894. 64 — Sur le Quaternaire des environs de Caen. *Bull. Soc. norm. d'Ét. préhist.*, t. III, p. 58-64.
1897. 65 — Sur les dépôts pléistocènes et actuels du littoral de la Basse-Normandie. *C. R. Ac. Sc.*, t. 125, p. 380-382.
1899. 66 — Sur les dépôts pléistocènes et actuels de la Normandie. *B. S. G. F.*, (3), XXVII, p. 360-361.
1927. 67 — Formations monastiriennes et postmonastiriennes de Basse-Normandie. *C. R. Ac. Sc.*, t. 185, p. 824-826.
1930. 68 — Les terrasses pléistocènes du littoral du Cotentin. Livre jub. Soc. géol. France, t. I, p. 133-149, pl. XXIII-XXIV.
1931. 69 — Les terrasses littorales du Cotentin. *C. R. Congr. intern. Géogr.*, Paris, t. II, Trav. sect. II, 4 p.
1932. 70 — Formations de solifluction. *Bull. Soc. linn. Normandie*, 8^e sér., vol. 5, p. 18-19.
1933. 71 — A propos des plages quaternaires de Gower. *Ibid.*, 8^e sér., vol. 6, p. 11-16.
1934. 72 — Plages suspendues et terrasses littorales des îles anglo-normandes. *Ibid.*, 8^e sér., vol. 7, p. 4-12.
- 73 — La terrasse littorale de Vasouy (Calvados). *C. R. somm. S. G. F.*, p. 215-216.
1935. 74 — Pléistocène des îles anglo-normandes. *Ibid.*, p. 95-96.

1936. 75 — Plages suspendues et terrasses littorales des Iles anglo-normandes (2^e article). *Mém. Soc. géol. et min. Bretagne*, t. III, p. 65-79, 3 pl.

Tectonique.

1922. 76 — Tectonique de la partie normande du Massif armoricain. *C. R. XIII^e Congr. géol. intern., Liège*, p. 382-386.
1927. 77 — Failles et plis dans les terrains secondaires du Calvados. *Bull. Soc. linn. Normandie*, 7^e sér., vol. 10, p. 32-42.
1932. 78 — Failles de Néci et Vignats (feuille Falaise). *Ibid.*, 8^e sér., vol. 5, p. 15-18.
1933. 79 — Déformation des grès cambriens aux environs de Cherbourg. *C. R. Ac. Sc.*, t. 196, p. 515.
1938. 80 — (avec L. DANGEARD et J. ONFRAY) L'axe de Senonches et la faille de Mortagne dans l'Est du département de l'Orne. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 328-330.

Paléontologie.

- 1885-86. 81 — Quelques mots sur les Tigillites. *Bull. Soc. linn. Normandie*, 3^e sér., vol. 10, p. 161-165.
1888. 82 — Sur les *Homalonotus* des grès siluriens de l'Ouest. *B. S. G. F.*, (3), XVI, p. 419-465, 3 pl.
1889. 83 — Sur quelques Pélécypodes des grès siluriens de l'Ouest de la France. *Ibid.*, (3), XVII, p. 791-801, 2 pl.
1893. 84 — Sur quelques Brachiopodes de Normandie. *Bull. Lab. Géol. Caen*, t. II, p. 113-120, 1 pl.
- 85 — Contribution à la faune jurassique de Normandie. 1^{er} mémoire : Sur les Trigonies. *Mém. Soc. linn. Normandie*, 2^e sér., vol. 17, p. 261-265, pl. VIII-XVII.
- 86 — Observations sur l'*Ammonites coronatus* BRUGIÈRE et les *Ostrea eruca* et *rustica* de Defrance. *Bull. Lab. Géol. Caen*, t. II, p. 133-138, pl. II.
1894. 87 — Les organismes précambriens du massif breton. *Bull. Soc. linn. Normandie*, 4^e sér., vol. 9, p. 8-14.
1895. 88 — Contribution à l'étude de la Faune jurassique de Normandie. 2^e mémoire : Sur les *Opis*. *Mém. Soc. linn. Normandie*, 2^e sér., vol. 18, p. 155-191, pl. VIII-IX.
1896. 89 — Nérénaeidés du Séquanien de Cordebugle (Calvados). *B. S. G. F.*, (3), t. XXIV, p. 29, 1 fig.
- 90 — Catalogue sur les Sélaciens jurassiques du Calvados et de l'Orne. *Bull. Soc. linn. Normandie*, 4^e sér., vol. 10, p. 7-13.
- 91 — Note sur des Reptiles jurassiques du Calvados. *B. S. G. F.*, (3), XXIV, p. 234-235 et *Bull. Soc. géol. Normandie*, t. XVII, p. 23-35.
- 92 — *Id.* (2^e art.). *Bull. Soc. linn. Normandie*, 4^e sér., vol. 10, p. 123-147.
1897. 93 — Les Dinosauriens. *Revue gén. Sc.*, p. 19-30, 3 pl.
- 94 — Sur divers ossements de Dinosauriens jurassiques de Normandie. *Bull. Soc. linn. Normandie*, 5^e sér., vol. 1, p. xciii-xciv.

1898. 95 — Echinodermes bathoniens du Calvados. *Ibid.*, 5^e sér., vol. 2, p. 39-49.
- 96 — Collaboration à la *Palaeontologia universalis*.
- 1902-21. 97 — Contribution à la faune jurassique du Calvados. 3^e mémoire : Sur la faune des sables jurassiques supérieurs du Calvados. *Mém. Soc. linn. Normandie*, 2^e sér., vol. 5, 24 p., 1 pl.
1925. 98 — Sur la présence de Trilobites et d'Archaeocyathidés dans les couches cambriennes des environs de Carteret (Manche). *C. R. Ac. Sc.*, t. 180, p. 1237.
1926. 99 — *Apseudesia* LAMOUREUX. *Bull. Soc. linn. Normandie*, 7^e sér., vol. 9, p. 79-80.
- 100 — Cambrian Fauna of the Armorican Massif. *Pan. Amer. Geol.* vol. XLVI, p. 379-384.
- 101 — La faune cambrienne du Massif armoricain. *C. R. XIV^e Congr. géol. intern., Madrid*, 8 p.
1928. 102 — Sur l'existence de Méduses dans le Bajocien du Bessin. *C. R. Ac. Sc.*, t. 187, p. 866.
1935. 103 — Brachiopodes du Bathonien des Monts d'Eraines (Calv.). *B. S. G. F.*, (5), V, p. 591-603, pl. XXV-XXVI.
1936. 104 — Brachiopodes jurassiques. *Bull. Soc. linn. Normandie*, 8^e sér., vol. 9, p. 103-115, pl. VIII.
1937. 105 — Pseudomélianiadés des sables séquaniens de Cordebugle (Calvados). *B. S. G. F.*, (5), VII, p. 425-431, pl. XXIV-XXV.
1938. 106 — Sauraptérygiens du Calvados. *Ibid.*, (5), VIII, p. 631-636, pl. XXXVII et XXXVII bis.
- 107 — Crinoïdes bathoniens du Calvados. *Ann. Paléont.*, t. XXVII, 37 p., pl. I-IV.
- 108 — (avec J. CARDINET) Sur les *Metriorhynchus hastifer* et *incertus*. *Bull. Soc. linn. Normandie*, 9^e sér., vol. 1, p. 26.
- 109 — Calyce anormal d'*Apiocrinus* du Bradfordien. *Ibid.*, 9^e sér., vol. 1, p. 70-72.
1939. 110 — *Plesiochelys normandicus* F. M. BERGOUNIOUX 1937 = *Emys Dollfussi* LENNIER 1863. *Ibid.*, 9^e sér., vol. 1, p. 72-73.
1940. 111 — Faunes néritiques du Jurassique inférieur de Normandie. *Mém. Soc. Biogéographie*, t. VII, p. 31-39.

Préhistoire.

- 1885-86. 112 — Récentes découvertes d'objets préhistoriques aux environs de Caen. *Bull. Soc. linn. Normandie*, 3^e sér., vol. 10, p. 183-187.
1887. 113 — Sur l'existence d'une station préhistorique à la Hougue. *Mém. Soc. nat. Sc. nat. et math. Cherbourg*, t. XXV, p. 277-280.
1903. 114 — Stations néolithiques des dunes littorales de la Manche. *Ass. fr. Avanc. Sc.*, 32^e sess., Angers, 1 p.
1935. 115 — Biface de Feuguerolles et monnaies gauloises de Nacqueville. *Bull. Soc. Antiq. Normandie*, t. XLIII, p. 370-372.
1938. 116 — (avec D^r GOSSELIN) Deux dépôts de l'âge du Bronze dans le département de l'Orne. *Ibid.*, t. XLVI, p. 226-234, 1 pl.
1939. 117 — Découvertes préhistoriques aux environs de Sées (Orne) d'après la collection du D^r J. HOMMEY. *Bull. Soc. norm. d'Études préhist.*, t. XXXII, p. 17-21.

1942. 118 — (avec Dr GOSSELIN) Paléolithique du Calvados. *Bull. Soc. linn. Normandie*, 9^e sér., vol. 2, p. 31-34.
 1942-43. 119 — Les matériaux des Mégalithes de Basse-Normandie. *Ibid.*, 6^e sér., vol. 3, p. 131-135.

Pétrographie, Minéralogie.

1933. 120 — La barytine en Basse Normandie et dans la Sarthe. *Bull. Soc. linn. Normandie*, 8^e sér., vol. 6, p. 84-87.

Géographie physique.

1898. 121 — La vallée de l'Orne aux environs de Caen. *C. R. Congr. Soc. sav.*, Paris, sect. Sc., p. 249-251.
 1902. 122 — Notes pour l'histoire physique de la vallée de l'Orne. I. Les anciennes terrasses de Feuguerolles (Calvados). *Bull. Soc. Amis Sc. nat. Rouen*, 4^e sér., 38^e année, p. 271-287, 2 pl., 5 fig.
 1911. 123 — Note pour servir à l'histoire physique de la vallée de l'Orne. II. Tracés anciens et actuels de l'Orne. *C. R. Congr. Soc. sav.*, Caen, sect. Sc., p. 5-11.
 1913. 124 — La Basse Normandie. Étude de géographie physique. *Rev. Géogr. annuelle*, t. VII, fasc. III, 84 p., 42 fig.
 1914. 125 — Le littoral de la Normandie. *Ass. fr. Avanc. Sc.*, 43^e sess., Le Havre, p. 32-42.
 1931. 126 — Effondrements dans les terrains calcaires. *Bull. Soc. linn. Normandie*, 8^e sér., vol. 4, p. 29-36.
 1932. 127 — Rôle de la solifluction dans la morphologie des collines de Normandie et du Maine. *C. R. Ac. Sc.*, t. 195, p. 1555-1557.
 1944-45. 128 — Action du gel sur les roches. *Bull. Soc. linn. Normandie*, 9^e sér., vol. 4, p. 67-69.

Géologie appliquée.

Cartes et notices géologiques.

1893. 129 — (avec BIZET et LETELLIER) Carte géologique de France au 80 000^e, feuille 62, Alençon. Serv. Carte géol. France.
 1894. 130 — (avec DE LAPPARENT et NOURY) Carte géologique de France au 80 000^e, feuille 27, Barneville. Serv. Carte géol. France.
 1897-99. 131 — Feuille des Pieux. *Bull. Serv. Carte géol. France*, C. R. Coll. Campagne 1897, t. X, n^o 63, p. 42-45 ; Campagne 1898, t. X, n^o 69, p. 16-19 et Campagne 1899, t. XI, n^o 73, p. 16-18.
 1900. 139 — (avec OEHLERT) Carte géologique de France au 80 000^e, feuille 17, Mayenne. Serv. Carte géol. France.
 1901. 133 — Carte géologique de France au 80 000^e, feuille 16, Les Pieux. Serv. Carte géol. France.
 1901-03. 134 — Feuille de Laval (partie comprise dans le département de l'Ille-et-Vilaine). *Bull. Serv. Carte géol. France*, C. R. Coll. Campagne 1901, t. XII, n^o 85, p. 27-35 et Campagne 1903, t. XV, p. 30-31.

1902. 135 — Observations géologiques sur la feuille de Laval (partie comprise dans le département d'Ille-et-Vilaine). *Bull. Soc. linn. Normandie*, 5^e sér., vol. 6, p. 47-63.
1904. 136 — Sur les dépôts tertiaires de la feuille de Falaise. *Ibid.*, 5^e sér., vol. 8, p. xvii.
1905. 137 — Feuilles de Cherbourg et Rennes au 320 000^e. *Bull. Serv. Carte géol. France*, C. R. Coll. Campagne 1905, t. XVI p. 307-310.
1906. 138 — Feuille de la Flèche. *Ibid.*, C. R. Coll. Campagne 1906, t. XVII, p. 29-34.
- 139 — Notice préliminaire sur les terrains d'une partie de la feuille « La Flèche ». *Mém. Soc. linn. Normandie*, 5^e sér., vol. 10, p. 195-204.
1907. 140 — Feuilles de Cherbourg et de Rennes au 320 000^e. Feuille Alençon (révision). *Ibid.*, C. R. Coll. Campagne 1907, t. XVIII, p. 30-37.
- 1910-11. 141 — Observations sur les terrains de la feuille de Cherbourg. *Bull. Soc. linn. Normandie*, 6^e sér., vol. 4, p. 88-89.
- 142 — Observations sur la feuille de Cherbourg. *Ibid.*, 6^e sér., vol. 4, p. LXXXVIII-LXXXIX.
1914. 143 — Notice explicative de la 2^e édition de la feuille « Caen ». *Ibid.*, 6^e sér., vol. 7, p. 76-98.
1915. 144 — Observations géologiques sur la feuille Falaise. *Ibid.*, 6^e sér., vol. 8, p. 187-192.
1916. 145 — Notice explicative de la feuille « Falaise » *Ibid.*, 6^e sér., vol. 9, p. 157-178.
1924. 146 — Notice explicative de la feuille « Alençon », publiée en 1924. *Ibid.*, 7^e sér., vol. 7, p. 100-117.
1926. 147 — Notice explicative de la 2^e édition de la feuille Saint-Lô. *Ibid.*, 7^e sér., vol. 8, p. 113-130.
1927. 148 — Notice explicative de la feuille de Coutances, n° 44. *Ibid.*, 7^e sér., vol. 10, p. 8-21.
1929. 149 — Notice explicative de la 2^e édition de la feuille Cherbourg. n° 17. *Ibid.*, 8^e sér., vol. 2, p. 3-17.
- 150 — Carte géologique de France au 80 000^e, feuille 44, Coutances, 2^e éd. Serv. Carte géol. France.
1934. 151 — Notice explicative de la 2^e édition de la feuille « Les Pieux ». *Bull. Soc. linn. Normandie*, 8^e sér., vol. 7, p. 19-38.
1937. 152 — Observations géologiques sur la feuille Mortagne. *Ibid.*, 8^e sér., vol. 10, p. 41-72.
1938. 153 — Partie ouest de la feuille Mortagne. *Bull. Serv. Carte géol. France*, C. R. Coll. Campagne 1937, t. XXXIX, n° 197, p. 1-5.
- 154 — (avec E. CHAPUT et L. DANGEARD). Notice explicative de la 2^e édition de la feuille Lisieux. *Bull. Soc. linn. Normandie*, 9^e sér., vol. 1, p. 31-43.
- 155 — (avec L. DANGEARD et J. ONFRAY) Notice explicative de la 2^e édition de la feuille Mortagne. *Ibid.*, 9^e sér., vol. 1, p. 83-96.
1939. 156 — (avec L. DANGEARD, E. CHAPUT et R. FORTIN) Carte géologique de France au 80 000^e, feuille 30, Lisieux, 2^e éd. Serv. Carte géol. France.
- 157 — Révision de la feuille de Nogent-le-Rotrou au 80 000^e. *Bull.*

Serv. Carte géol. France, C. R. Coll. Campagne 1938, t. XL, n° 199, p. 99-106.

1943. 158 — Notice explicative de la 2^e édition de la feuille Bernay. *Bull. Soc. linn. Normandie*, 9^e sér., vol. 3, p. 36-41.
 159 — (avec G. MATHIEU) Notice explicative de la 2^e édition de la feuille Avranches. *Ibid.*, 9^e sér., vol. 3, p. 43-47.
 160 — Géologie de la partie continentale de la feuille Barneville *Ibid.*, 9^e sér., vol. 3, p. 1-6, pl. 1-11.

Mines, carrières.

1908. 161 — Minerais de fer de la région d'Ecouvès. *Bull. Serv. Carte géol. France*, t. XVIII, n° 119, p. 39.
 1912. 162 — Le Bassin minier de la Basse Normandie. L'exploitation des mines de fer de la Basse Normandie et le port de Caen. *Bull. Soc. géol. Normandie*, t. XXXII, p. 26-48.
 1942. 163 — Matériaux employés dans la construction de l'abbaye du Mont-Saint-Michel. *Bull. Soc. Antiq. Norm.*, t. XLVIII, p. 635-636.
 1946-47. 164 — Le Terrain houiller de Basse Normandie. *Bull. Soc. linn. Normandie*, 9^e sér., vol. 5, p. 94-104.

Hydrogéologie.

1897. 165 — Sur les eaux de la ville de Caen. *Bull. Soc. linn. Normandie*, 5^e sér., vol. 1, p. XLIV-XLVI.
 166 — Sur le projet d'alimentation de la ville d'Argentan en eaux potables. *Ibid.*, 5^e sér., vol. 1, p. 50-63.
 1900. 167 — Observations à la Note de M. Janet, sur le captage et la protection des sources d'eaux potables. *B. S. G. F.*, (3^e), XVIII, p. 548-549.
 1902. 168 — (avec LECORNU, LOUISE et NICOLLE) Étude des sources destinées éventuellement à l'alimentation de Cherbourg en eau potable. *Ibid.*, 5^e sér., vol. 6, p. 64-126.
 1903. 169 — Les eaux souterraines dans les régions calcaires. *Mém. Ac. Caen*, 32 p.
 170 — Sur l'assèchement des régions calcaires du Calvados. *Ass. fr. Avanc. Sc.*, 32^e sess., Angers, p. 609-623, 6 fig.
 171 — Sur l'alimentation en eau potable du littoral de Ouistreham à Courseulles. *Bull. Soc. linn. Normandie*, 5^e sér., vol. 7, p. 38-51.
 1907. 172 — Les pertes du Soucy et les résurgences de Port-en-Bessin. *Assoc. normande*, p. 340-344.
 1910. 172 — Sur la contamination des sources de Moulines. *Année médicale Caen*, juin, 3 p.
 1911. 174 — Les projets d'alimentation en eau potable dans la Manche, le Calvados et l'Orne, de 1900 à 1910. *C. R. Congr. Soc. sav.*, Caen.
 1913. 175 — Les exploitations minières et les eaux alimentaires de la Ville de Caen. *Bull. Soc. linn. Normandie*, 6^e sér., vol. 6, p. 185-198.

1926. 176 — Sur un forage pour recherche d'eau à Saint-Aubin-sur-Mer. (Calvados). *Ibid.*, 7^e sér., vol. 9, p. 45-48.
1931. 177 — Le forage artésien du Mesle-sur-Sarthe. *Ibid.*, 8^e sér., vol. 4, p. 52-54.
- 178 — Les eaux d'alimentation de la Ville de Caen. Étude hydrogéologique. *Ibid.*, 8^e sér., vol. 4, p. 86-117.
1933. 179 — (avec R. FORTIN) Le sondage d'Incarville, près de Louviers (Eure). *C. R. Ac. Sc.*, t. 197, p. 1078.
1934. 180 — Le puits de Port-en-Bessin. Caen, Impr. Le Tendre, 4 p.
- 181 — Les eaux d'alimentation de la ville d'Alençon. Étude hydrogéologique. *Bull. Soc. linn. Normandie*, 8^e sér., vol. 7, p. 52-59.
1935. 182 — Forages pour recherches d'eau dans le Calvados, *Ibid.*, 8^e sér., vol. 8, p. 53-61.
- 183 — Hydrogéologie de la Basse Normandie. *Congr. intern. Mines, Métall. et Géol. appliquée*, VII^e sess., t. II, p. 669-763.
1936. 184 — (avec R. FORTIN) Le sondage d'Incarville, près de Louviers (Eure) (2^e note). *C. R. Ac. Sc.*, t. 202, p. 264.
- 185 — Eaux profondes fortement minéralisées. *Bull. Soc. linn. Normandie*, 8^e sér., vol. 9, p. 15-16.
- 1938-39. 186 — Forages pour recherches d'eau dans le Calvados (2^e article). *Ibid.*, 9^e sér., vol. 1, p. 69-79.
1942. 187 — Sur l'hydrologie de contact des terrains secondaires avec le Paléozoïque. *Ibid.*, 9^e sér., vol. 2, p. 157-159.
1943. 188 — Hydrogéologie du Bessin. *Ibid.*, 9^e sér., vol. 3, p. 90-97.
- 1946-47. 189 — Forages pour recherches d'eau dans le Calvados : VII, Forages de l'armée anglaise en 1944. VIII, forage au Château d'Étreham. *Ibid.*, 9^e sér., vol. 5, p. 130 et 145.
- 1948-50. 190 — L'eau dans les alluvions des vallées. *Ibid.*, 9^e sér., vol. 6, p. 43-50.
1950. 191 — Hydrogéologie du Calvados. *Bull. Serv. Carte géol. France*, t. XLVIII, n^o 280, p. 115-198.
1951. 192 — Hydrogéologie du département de la Manche. *Mém. Soc. Sc. nat. et math. Cherbourg*, t. XLV, 60 p.

Livrets-guides ; Compte rendus d'excursions ; Monographies régionales.

1881. 193 — Excursions géologiques à travers la Hague. *Bull. Soc. linn. Normandie*, 3^e sér., vol. 6, p. 44-65, 1 pl.
1883. 194 — Compte rendu des excursions géologiques de la Société linnéenne de Normandie à May-sur-Orne, Calvados. *Ibid.*, 3^e sér., vol. 7, p. 303-311.
1884. 195 — Compte rendu des excursions géologiques de la Société linnéenne de Normandie aux environs de Cherbourg, les 5 et 7 juillet 1884. *Ibid.*, 3^e sér., vol. 8, p. 436-443.
1885. 196 — Étude géologique des tranchées de chemin de fer de Caen à Saint-Lô par Vire. *Ibid.*, 3^e sér., vol. 9, p. 252-260.
1886. 197 — Compte rendu de la Réunion extraordinaire de la Société linnéenne de Normandie à Falaise, les 11 et 12 juillet 1886. *Ibid.*, 3^e sér., vol. 10, p. 316-322 et 371-376.
1887. 198 — Compte rendu des excursions géologiques de la Société linnéenne de Normandie dans la Manche, les 24 et 25 sept. 1887. *Ibid.*, 4^e sér., vol. 1, p. 297-304.

1888. 199 Observations géologiques sur les Iles Anglo-Normandes. *B. S. G. F.*, (3), XVI, p. 412-419.
- 1890-95. 200 — Esquisse géologique de la Basse Normandie. Terrains primaires et jurassiques. *Bull. Lab. Géol. Caen*, t. I et II, 208 p.
1892. 201 Compte rendu des excursions géologiques de la Société linnéenne de Normandie aux environs de Sées et de Bagnoles, les 15, 16 et 17 juillet 1892. *Bull. Soc. linn. Normandie*, 4^e sér., vol. 6, p. 146-156.
1894. 202 — Géologie du Calvados. In « Caen et le Calvados », vol. publié à l'occasion du Congrès de l'A. F. A. S. à Caen, 54 p.
1895. 203 — Compte rendu des excursions géologiques de la Société linnéenne de Normandie à Saint-Vaast-la-Hougue et Fresville, Manche. *Bull. Soc. linn. Normandie*, 4^e sér., vol. 9, p. LII-LIV.
1896. 204 — (Notes sur la géologie du département de la Sarthe). *Ibid.*, 4^e sér., vol. 10, p. xcV-xcvi.
1899. 205 Compte rendu des excursions de la Société linnéenne le 23 et 24 juillet 1899 à Orbiquet, Villerville et Trouville. *Ibid.*, 5^e sér., vol. 3, p. LXXI-LXXVII.
1900. 206 La Normandie. Livret-guide des excursions géologiques à l'occasion du VIII^e Congrès international de 1900. Paris, 33 p., 13 fig.
1902. 207 Compte rendu des excursions géologiques aux environs d'Alençon. *Bull. Soc. linn. Normandie*, 5^e sér., vol. 6, p. XXXVI-XLIX.
1903. 208 Sur la géologie du pays de Cinglais (Calvados). *C. R. Ac. Sc.*, t. 136, p. 1345-1347.
1904. 209 — Réunion extraordinaire de la Société géologique de France en Basse Normandie, en 1904. *B. S. G. F.*, (4), IV, p. 861-908, 16 fig., pl. XX-XXIII.
- 210 Le massif ancien de la Basse Normandie et sa bordure. *Ibid.*, (4), IV, p. 909-953, 29 fig., 2 pl.
1905. 211 Géologie de la presqu'île du Cotentin. In « Cherbourg et le Cotentin », vol. publié à l'occasion du Congrès de l'A. F. A. S. à Cherbourg, 26 p., Caen, Le Maout.
- 212 Compte rendu de l'excursion géologique (aux environs d'Argentan). *Bull. Soc. linn. Normandie*, 5^e sér., vol. 9, p. xvi-xxii.
1909. 213 Observations au cours de la réunion de la Société géologique de France dans la Sarthe et dans la Mayenne en 1909. *C. R. séance. S. G. F.*, p. 105.
1914. 214 Géologie de l'arrondissement de Domfront. *Annuaire Assoc. norm.*
- 215 La session du XII^e Congrès géologique international au Canada. *Rev. gén. Sc.*, 15 mai.
1919. 216 — Le Col du Cotentin. *C. R. Ac. Sc.*, t. 168, p. 515.
1922. 217 — La Basse Normandie. In « Atlas de la région économique », Caen.
1924. 218 — Notice sur la géologie et les régions naturelles du Calvados avec une carte au 320 000^e et coupes. In « L'Agriculture dans le département du Calvados », Paris, 11 p.
1926. 219 — Notice sur la Géologie et les régions naturelles de l'Orne. In « L'Agriculture dans le départ. de l'Orne », 11 p., 1 pl.

- 220 — (avec J. HOMMEY) Excursions de la Société linnéenne de Normandie aux environs de Sées (Orne). *Bull. Soc. linn. Normandie*, 7^e sér., vol. 9, p. 80-92, pl. VII-IX.
1927. 221 — Géologie de la région de Falaise et de la Brèche-au-Diable. *Ibid.*, 7^e sér., vol. 10, p. 92-106, 2 fig.
1928. 222 — Compte rendu des Réunions extraordinaires de la Société géologique et minéralogique de Bretagne en Normandie en 1926-1928. *Bull. Soc. géol. et min. Bretagne*, t. VII, fasc. spéc.
1929. 223 — Livret-guide des excursions de la Réunion extraordinaire de la Société géologique de France en 1929 (Basse Normandie et Côtes-du-Nord). Caen, Imp. Le Tendre, 48 p., 8 cartes.
- 224 — Réunion extraordinaire de la Société géologique de France en Basse Normandie et dans les Côtes-du-Nord du 11 au 19 sept. 1929. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 181-200.
1930. 225 — Sketch of the Geology of Lower Normandy. *Proc. Geol. Ass.*, vol. XLI, p. 363-495, pl. 4.
1931. 226 — Géologie du Bessin. *Annuaire Assoc. normande*, 24 p., Congrès de Bayeux.
1932. 227 — Géologie des environs de Flamanville (Manche). *Bull. Soc. linn. Normandie*, 8^e sér., vol. 5, p. 3-15.
1933. 228 — Observations au cours de l'excursion B2 du Congrès international de Géographie, 1931. *C. R. Congr. intern. Géogr.*, 1931, t. II, 1^{er} fasc.
- 229 — Géologie des environs de Brionne (Eure). Lieuvain et Roumois. *Ann. des 5 départements de la Normandie*, 101^e ann., p. 230-235.
1934. 230 — Notes géologiques de la région de Bagnoles (Orne). *Ibid.*, 102^e ann.
1935. 231 — Géologie des arrondissements d'Avranches et de Mortain. *Ibid.*, 103^e ann., Avranches.
1935. 232 — Géologie de la région de Carentan. *Bull. Soc. linn. Normandie*, 8^e sér., vol. 8, p. 81-91.
1936. 233 — Compte rendu de la réunion annuelle à Vimoutiers (Orne). *Ibid.*, 8^e sér., vol. 9, p. 60-62.
- 234 — Géologie de l'arrondissement de Falaise. *Annuaire Assoc. normande*, 104^e ann., Falaise, 28 p., 3 pl.
- 235 — (avec Y. MILON, A. E. MOURANT et J. A. ROBINSON). Contribution à l'étude géologique des Îles de la Manche et du Trégorrois. *Mém. Soc. géol. et min. de Bretagne*, t. III, 99 p., 5 pl.
1937. 236 — Notes géologiques sur la Forêt de Perseigne (Sarthe). *C. R. somm. Soc. géol. et min., de Bretagne* n^{os} 3 et 4, p. 69-81.
- 237 — Géologie de la région de Caudebec-en-Caux (Seine-Inférieure). *Annuaire Assoc. normande*, 105^e ann., Caudebec, 10 p.
1938. 238 — Géologie du Val de Saire et de la région de Valognes. *Mém. Soc. Sc. nat. et math. Cherbourg*, t. XLIII, p. 1-35.
- 239 — Géologie de la région de Vimoutiers (Orne). *Annuaire Assoc. normande*, 106^e ann., Vimoutiers, 10 p.
1939. 240 — Notice géologique sur Villers-sur-Mer et ses environs. 12 p., Synd. Init. Villers-sur-Mer.
- 241 — La géologie du littoral du Calvados. *Sciences naturelles*, t. I, n^{os} 7 et 8, p. 209-222, 12 fig.

- 242 — Géologie de la région de Conches (Eure). *Annuaire Assoc. normande*, 107^e ann., Conches, 14 p.
1942. 243 — La Basse Normandie. Esquisse géologique et morphologique. Caen, Imp. Le Tendre, 125 p., 45 pl., 3 cartes.
- 1946-47. 244 — Géologie de la région de Houffleur. *Bull. Soc. linn. Normandie*, 9^e sér., vol. 5, p. 165-172.
1948. 245 — Géologie de la région à l'Est de Granville. *Annuaire Assoc. normande*, 109^e ann., Granville.
- 246 — Description géologique du Col du Cotentin. *Mém. Soc. Sc. nat. et math. Cherbourg*, t. XLIV, 43 p.
1949. 247 — Géologie de la région de Mortagne-au-Perche (Orne). *Annuaire Assoc. normande*, 110^e ann., Mortagne, 13 p., 3 fig.
- 248 — Un Paradis géologique perdu. Livre jubil. Ch. JACOB, *Ann. Hébert et Haug*, t. VII, p. 19-29.

Musées; Collections.

- 1902-06. 249 — Catalogue critique de la collection Defrance conservée au Musée d'Histoire naturelle de Caen : I (avec M. MATTE) Pélécypodes. *Bull. Soc. linn. Normandie*, 5^e sér., vol. 6, 1902, p. 152-185. — II (avec M. MATTE). *Ibid.*, vol. 7, 1903, p. 243-268. — III. Céphalopodes, Arthropodes et Vers. *Ibid.*, vol. 8, 1904, p. 251-273. — IV. Pélécypodes. *Ibid.*, vol. 9, 1905, p. 3-40. — V. Gastéropodes. *Ibid.*, vol. 10, 1906, p. 81-85.
1934. 250 — Les collections géologiques du Musée d'histoire naturelle et de la Faculté des Sciences de Caen. C. R. Assises de Caumont, 42 p., 5 pl.
1938. 251 — La collection géologique de Villers-sur-Mer. *Bull. Soc. linn. Normandie*, 9^e sér., vol. 1, p. 7-10.

Analyses de travaux.

1891. 252 — (Observations à propos des considérations géologiques et paléontologiques sur le terrain des environs de Bellême et de Mamers, de M. BIZET.) *Bull. Soc. linn. Normandie*, 4^e sér., vol. 5, p. 221-223.
1895. 253 — Observations à la note de M. LETELLIER sur la constitution géologique de l'arrondissement d'Alençon. 15 p.
1903. 254 — Observations à propos d'un travail de M. MASSE sur le synclinal de la Brèche-au-Diable et le Silurien normand. *Bull. Soc. linn. Normandie*, 5^e sér., vol. 7, p. 25-37.
1906. 255 — (avec M. MICHEL-LÉVY) Note sur les contacts du granite de Flamanville (Observations à la suite de : Étude chimique du granite de Flamanville par A. LECLÈRE). *Bull. Serv. Carte géol. France*, t. XVII, n^o 213, p. 16-17 (fig. p. 2).
1922. 256 — Étude géologique du fond de la Manche. Observation à une note de MM. LEMOINE et ABRARD, *B. S. G. F.*, (4), XXII, p. 9.
1926. 257 — Les blocs exotiques des environs de Luc-sur-Mer d'après un travail de M. Edmond HUE. *Bull. Soc. linn. Normandie*, 7^e sér., vol. 9, p. 93-98.

1928. 258 - Analyse de travaux récents sur le Quaternaire du littoral du NO de la France. *Ibid.*, 8^e sér., vol. 1, p. 87-93.
1929. 259 — Les formations sous-marines de la Manche au large de la Basse Normandie, d'après un travail de M. Louis DANGEARD. *Ibid.*, 8^e sér., vol. 2, p. 27-31.
1932. 260 — Analyse d'un travail de MM. Georges DUBOIS et Pierre HATT : Tourbière du Champ-du-Feu. *Ibid.*, 8^e sér., vol. 5, p. 9-10.
1936. 261 — Bibliographie analytique des travaux sur les plages suspendues et les dépôts de solifluxion dans le Massif armoricain et les Iles Anglo-Normandes. *Rev. Géogr. phys. et Géol. dyn.*, vol. IX, fasc. 2, p. 195-208.
1939. 262 — Les recherches de M. Georges DEFLANDRE sur le microplancton de l'Oxfordien de Villers-sur-Mer. *Bull. Soc. linn. Normandie*, 9^e sér., vol. 1, p. 19-20.
- 1942-45. 263 — Observations à propos d'une communication de M. DE BOUARD sur les causes et les caractères des invasions des Vikings. *Bull. Soc. Antiq. Normand.*, t. XLIX, p. 390-391.

Notices biographiques.

1890. 264 — Notice nécrologique sur M. Eugène EUDES-DESLONGCHAMPS. *Bull. Soc. linn. Normandie*, 4^e sér., vol. 4, p. 83-95.
1902. 265 — GUETTARD, le kaolin d'Alençon et la fabrication de la porcelaine. *Ibid.*, 5^e sér., vol. 6, p. 3-28.
1915. 266 — Notice sur Albert DE SAINT-GERMAIN. *Mém. Ac. Sc., Arts et Bel. Let. Caen.*
1920. 267 — Notice sur Jules BERGERON. *B. S. G. F.*, (4), XX, p. 110-117.
1922. 268 — Notice nécrologique sur D. P. OEHLERT. *Ibid.*, (4), XXII, p. 201-217.
1936. 269 — AMELINE et la Société linnéenne de Normandie. *Bull. Soc. linn. Normandie*, 8^e sér., vol. 9, p. 69-71.
1941. 270 — (avec A. CHEVALIER) Louis CORBIÈRE. *Ibid.*, 9^e sér., vol. 2, p. 93-97.
1940. 271 — Jean-Louis-Marie DEFRANCE. *Annuaire Assoc. normande*, 108^e an., 13 p.
- 1942-43. 272 — Notice sur Gustave MAZETIER, Trésorier honoraire de la Société linnéenne de Normandie. *Bull. Soc. linn. Normandie*, 9^e sér., vol. 3, p. 69-70.
1947. 273 — Jacques-Amand EUDES-DESLONGCHAMPS. *Ibid.*, 9^e sér., vol. 4, p. 74-93, 1 portr.

Divers.

1896. 274 — Rapport sur les progrès des sciences géologiques en Normandie, de 1875 à 1895. *Bull. Soc. linn. Normandie*, 4^e sér., vol. 10, p. 90-122.
- 275 — Leçon d'ouverture du Cours de Géologie de la Faculté des Sciences de Caen, année 1896-1897. *Ibid.*, 4^e sér., vol. 10, p. 153-181.
1928. 276 — Le sol des prairies normandes, ses qualités et ses défauts. *Journées agricoles du Calvados*, Caen, 7 p.

1931. 277 — Contribution à un Lexique stratigraphique. *Bull. Soc. linn. Normandie*, 8^e sér., vol. 4, p. 77-81.
1936. 278-286 — Notes de Géologie normande. I à IX. *Ibid.*, 8^e sér., vol. 9, p. 9-32, pl. I.
1937. 287-290 — *Id.*, X à XIII. *Ibid.*, 8^e sér., vol. 10, p. 50-53, 65-71, 94-95, 95-100.
- 1938-39. 291-298 — *Id.*, XIV à XXI. *Ibid.*, 9^e sér., vol. 1.
- 1941-42. 299-304 — *Id.*, XXII à XXVII. *Ibid.*, 9^e sér., vol. 2, p. 35-74.
- 1946-47. 305-310 — *Id.*, XXVIII à XXXIII. *Ibid.*, 9^e sér., vol. 5, p. 26-32, 104-106, 139-153.
- 1948-50. 311-323 — *Id.*, XXXIV à XLVI. *Ibid.*, 9^e sér., vol. 6, p. 1-3, 8-9, 22-29, 30-31, 55-71 (note LXV avec J. HENRY).
1938. 324 — Vœu relatif au nom des deux Deslongchamps à donner à une rue nouvelle de la ville de Caen. *Ibid.*, 9^e sér., vol. 1, p. 80-81.
1950. 325 — Discours à l'occasion de la remise de la Cravate de Commandeur de la Légion d'honneur à M. le Doyen BIGOT. Caen, Impr. Le Tendre, p. 12-23.

Autres publications géologiques.

1892. 326 — Les modifications du littoral du Nord de la France. *Bull. Lab. Géol. Caen*, t. II, p. 27-50.
- 1910-11. 327 — De Stockholm à l'Ofoten fjord. *Bull. Soc. linn. Normandie*, 6^e sér., vol. 4, p. LXII-LXIV.
1912. 328 — Géologie des environs de la Montagne de Beausoleil (Var). *Ibid.*, 6^e sér., vol. 5, p. VIII-X.
- 329 — Observation à la note de M. LONGCHAMBON sur la formation des prismes de basalte. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 182-183.
1915. 330 — Du Niagara au Pacifique. *Bull. Soc. linn. Normandie*, 6^e sér., vol. 8, p. 32-67.
1927. 331 — Observations à la note de M. DUTERTRE : Les « Neàran beds » dans le Boulonnais. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 62.
- 332 — Observation à la note de A.P. DUTERTRE : Remarques sur la position stratigraphique de quelques Ammonites du Portlandien moyen du Boulonnais. *Ibid.*, p. 36-37.
1931. 333 — Sur la présence de l'Ordovicien dans l'Anti-Atlas marocain. *C. R. Ac. Sc.*, t. 193, p. 288.
1931. 334 — Rapport sur l'attribution du Prix Fontannes à Antonin LANQUINE. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 145-148.
1933. 335 — (avec J. DUBOIS) Fossiles ordoviciens de la région de Kerdid (Maroc). *Ibid.*, p. 68-69.
1943. 336 — Rapport sur l'attribution du Prix Fontannes à Gilbert MATHIEU. *Ibid.*, p. 125-128.

Divers.

1897. 337 — Origine de l'œil cyclope. *Bull. Soc. linn. Normandie*, 5^e sér., vol. 1, p. 85-87.
1923. 338 — Centenaire de la Société linnéenne de Normandie (1823-1923). *Ibid.*, 7^e sér., vol. du centenaire, p. 13-47.

1925. 339 — L'aménagement industriel et les sites de la haute vallée de l'Orne. *Bull. Soc. hist. et archéol. Orne*, Bull. sp., p. 141-143.
1927. 340 — Discours prononcé à l'Université de Caen lors du Centenaire de la mort de LAPLACE.
1929. 341 — Un tableau de Jean-François Millet au Musée national de Stockholm. *Normannia*, 2^e ann., n° 3, p. 519-523, 1 pl.
- 342 — Les Turgot et la culture de la pomme de terre en France. *Bull. Soc. linn. Normandie*, 8^e sér., vol. 2, p. 17-24.
1930. 343 — Portraits de Jean-François Millet. *Normannia*, 3^e ann., n° 3, 7 p., 2 pl.
- 344 — Un recueil de Planches d'Histoire Naturelle du XVIII^e siècle. *Bull. Soc. Antiq. Normandie*, t. XXXVIII, 8 p., 1 pl.
1932. 345 — Observation à la suite d'une lecture d'une étude de Doranlo sur les limites de la Civitas des Lexovii. *Ibid.*, t. XXXIX, p. 204.
1937. 346 — L'enseignement de la Botanique au XVI^e siècle à la Faculté de Médecine de l'Université de Caen. *Normannia*, n° 4, 12 p.
- 347 — Un canon du naufrage de la Pérouse rapporté par Dumont d'Urville et déposé au Musée de la Société des Antiquaires de Normandie. *Bull. Soc. Antiq. Normand.*, t. XLIII.
- 1942-43. 348 — A propos d'un portrait de William BUCKLAND. *Bull. Soc. linn. Normandie*, 9^e sér., vol. 3, p. 130-131.
1947. 349 — Les anciens bâtiments de l'Université de Caen et de ses Collèges du XV^e au XX^e siècle. *Bull. Soc. Antiq. Normand.*, t. L, p. 1-30.
1948. 350 — Le débarquement des troupes américaines à Omaha beach. *Mém. Ac. Sc., Arts et Bel. Let. Caen*, nouv. sér., t. XI, p. 141-169.
1950. 351 — Le débarquement à Utah beach, la prise de Cherbourg. *Ibid.*, nouv. sér., t. XI, p. 174-216.
1951. 352 — Madame de CONDORCET et ses relations normandes. *Ibid.*, nouv. sér., t. XI, p. 251-268.
-

GRANITES ET TRACES D'ÉTAIN DANS LE NORD-CAMEROUN

PAR Michel Chaput, Jean Lombard, Jacques Lormand
ET Hans Michel¹.

Introduction.

De 1949 à 1953, le Bureau minier de la France d'Outre-Mer a procédé à des recherches d'étain dans la portion du Cameroun français située au Nord du 7^e parallèle. Des équipes de géologues et de prospecteurs ont étudié, à cette occasion, un grand nombre de massifs granitiques — pratiquement tous ceux qui se sont présentés avec une apparence de discordance ou d'intrusivité dans le socle anatexique et embréchitique. Les matériaux recueillis ont été étudiés individuellement et comparativement, dans le but de chercher ceux d'entre eux qui pouvaient rappeler les « Younger Granites » de Nigéria. L'ensemble de ces travaux constitue une documentation, sans doute incomplète, mais assez substantielle pour qu'on puisse tenter d'en dégager les grandes lignes de la séquence granitique nord-camerounaise.

D'autre part, des traces de cassitérite ont été trouvées en divers endroits de la zone étudiée. La confrontation de leur localisation avec le type de granite qu'on y rencontre permet de formuler quelques remarques sur la genèse du minéral.

L'exposé qui suit n'est qu'un essai de coordination des observations dans l'état actuel de celles-ci ; cet état comporte encore de grosses lacunes, surtout tectoniques. Mais les problèmes soulevés par notre tentative nous paraissent en justifier la publication, ne fut-ce que pour orienter nos successeurs.

Les granites non anatexiques du Nord-Cameroun constituent une séquence dans laquelle il est difficile d'établir des coupures nettes. Les concepts d'intrusivité, de discordance, de massif circonscrit, s'estompent dans une réalité où les témoignages de transitions graduelles se mêlent aux contacts brusques et, dans l'ensemble, les dominent. On est donc enclin à voir dans cet ensemble un grand cycle de granitisation comportant des pulsations, plutôt qu'une succession d'intrusions au sens magmatiste et classique du mot. Les discontinuités introduites par certains caractères des roches ont servi de base à nos coupures ; mais il faut souligner qu'elles n'introduisent de variations brusques que dans la structure intime des roches, sans être accompagnées d'aucun bouleversement important des masses. Les changements de structure semblent essentiellement caractérisés par des modifications de l'équilibre feldspathique, le jeu fondamental étant conduit par le sodium.

L'évolution observée est comparable par ses caractères à celle des « Younger Granites » de Nigéria et à celle du complexe granitique saharien, mais avec une généralité et une intensité très restreintes et atténuées au Cameroun. C'est peut-être à cette relative sénilité de la province camerounaise qu'est due la pauvreté de la minéralisation en étain qui s'y rencontre çà et là.

1. Note présentée à la séance du 14 juin 1954 et publiée avec l'autorisation de la Direction générale du Bureau minier de la France d'Outre-Mer.

Mais il est possible aussi que cet étain soit simplement celui que peuvent contenir géochimiquement les granites, et qui se trouverait sporadiquement expulsé, selon les idées de C.-J. Sullivan, par des modifications appropriées de l'équilibre feldspathique.

La série qui nous a paru la plus apte à ordonner nos granites comporte les désignations suivantes :

- au sommet : *granites ultimes*,
- au-dessous : *granites subporphyroïdes discordants*,
- à la base : *granites subconcordants*.

Mais il nous est arrivé, à la faveur de doutes, de nous appesantir sur des massifs de *granites concordants*, morphologiquement plus distincts du socle que leurs congénères.

Un tel cadre ne présente aucune originalité. Aussi bien, l'apport utile de nos travaux ne peut-il résider que dans l'exposé des caractères observés et, surtout, des rapports que nous avons constatés entre eux.

Au cours de chacune des phases de la granitisation, la structure de la roche passe par un moment de relatif équilibre, moment que nous avons choisi pour définir chacun des groupes ; mais il reste bien entendu que la physionomie ainsi dégagée n'a, en soi, pas plus de signification que ne peut en avoir la photographie d'un homme à quarante ans par rapport à la série de visages qu'il offre au cours de son passage sur terre. C'est un repère. Or, le géologue, sur le terrain, a besoin de repères.

Cet avertissement était indispensable pour préciser le sens que nous donnons aux descriptions qui suivent. Celles-ci sont exclusivement destinées au géologue du terrain et au compilateur de carte géologique ; mais elles serviront d'introduction à la discussion pétrologique subséquente, d'où émergeront, à défaut d'une synthèse définitive, encore impossible, des problèmes et des suggestions.

I. Description des formations granitiques.

A. GRANITES CONCORDANTS. — Ce n'est qu'exceptionnellement que nous avons été amenés à étudier des formations de ce groupe et uniquement dans le N : certaines parties de leurs affleurements s'érigent localement en massifs imposants et abrupts ; mais on s'aperçoit que leur bordure est confuse et qu'ils se raccordent aux formations métamorphiques du socle.

Lorsque les parties émergeantes des massifs sont orientées, on y relève une direction N-S.

La roche est régulièrement tectonisée, avec des recrystallisations partielles. Le quartz marque une nette tendance à la granulation, apparaissant en « grain de riz » dans une pâte feldspathique homogène. La roche est leucocrate par absence souvent complète de ferro-magnésiens colorés ; la biotite, lorsqu'elle est présente, est altérée, chloritisée ou décolorée avec exsudation d'un minéral ferrugineux noir qui peut occuper entièrement une trame micacée squelettique ; elle est parfois déchiquetée par une cristallisation d'épidote, grenat, séricite ou muscovite. Le grenat et un minéral noir opaque (probablement magnétite) sont des éléments sombres constants.

Les feldspaths sont alcalins. Un fond d'oligoclase acide (parfois albite) en

petits cristaux imbriqués, altérés, couverts de plaques de muscovite et de séricite, est envahi par du microcline interstitiel qui corrode le plagioclase et souvent se surimpose à lui (microclinisation). Cela suggère une influence potassique sur une roche ayant acquis un équilibre albitique préalable, par microclinisation des plagioclases, et altération des ferro-magnésiens par les processus indiqués ci-dessus.

B. GRANITES SUBCONCORDANTS. — Parmi les formations que nous avons étudiées, nous rattachons à ce groupe :

- le granite de la frontière du Cameroun britannique, les monts Pinku, Balakossa, Alantika (*pro parte*), Guili-Bourrah;
- au centre de notre zone, les monts de Ngaoundéré, le pointement de Buguma;
- dans l'extrême N, les massifs de Boboyo et Mijivin, ainsi que l'importante masse des « Granites gris ».

D'autres entités non identifiées s'y ajoutent certainement.

La morphologie de ces granites est variable, le plus souvent raccordée à celle du socle, en plaine ou en plateau.

Des coupoles surbaissées disparaissent sous les arènes, pouvant faire place, vers le centre, à des dômes plus ou moins chargés de blocs. L'altération est inconstante; on signale des « croûtes de pain ».

En règle générale, les contours des massifs sont impossibles à circonscrire, soit que le contact soit masqué par les formations détritiques, soit que le bord en soit diffus. Cette bordure comporte une zone d'enclaves. Les cas de contact net sont rares.

Le caractère concordant ou discordant est toujours difficile à établir; le choix ne peut résulter que d'un ensemble d'observations contradictoires.

Il n'est possible de parler d'« orientation des massifs » que dans l'extrême N, où les Granites gris s'engrènent dans les fuseaux des granites de Mada-Mora appartenant au groupe suivant. Leur direction générale 20° E concorde d'ailleurs avec l'orientation moyenne de la roche elle-même.

Les caractères d'orientation interne sont d'intensité variable; ils deviennent plus nets vers le N. Ailleurs, il ne s'en dégage, en général, aucune direction privilégiée. L'orientation est marquée, dans les cas où elle s'offre à l'observation, soit par la direction de la fluidalité, soit par les lignes de mylonitisation. Celles-ci affectent les seuls groupes du N en conformité certaine avec les directions spécifiques.

Les traces de dynamométamorphisme sont très variables. Dans chaque cas on trouve des zones où la roche est pressée et écrasée, d'autres où elle ne l'est pas.

Les granites de ce groupe apparaissent de préférence dans les zones de métamorphisme profond.

Ils ne comportent qu'un cortège relativement insignifiant de roches en filons; on y signale notamment peu de pegmatites directement associées.

Les massifs de ce groupe sont tous de faciès hétéroclite. Les transitions entre faciès sont tantôt progressives, tantôt brusques.

Les formes des éléments et leurs rapports sont variables. C'est tantôt le quartz, tantôt le feldspath, qui apparaissent comme rassemblés ou interstitiels. L'habitus des ferro-magnésiens est, de même, inconstant.

Le quartz est toujours dominant, d'habitus apparemment adapté à la structure de la roche ; à extinction pas toujours ondulée.

Nous n'avons trouvé comme feldspath potassique que du microcline, parfois en grands cristaux, parfois interstitiel. L'albitisation est généralement peu avancée ; elle procède par taches ou grosses perthites plutôt qu'en micro-perthites.

Le plagioclase primaire, en cristaux automorphes, est soit l'albite, soit l'oligoclase acide ; il est parfois entouré d'une couronne réactionnelle. Il domine le microcline, sauf exceptions.

La myrméckite n'est pas une structure systématiquement signalée dans cet ensemble.

En règle générale, l'amphibole commune et la biotite coexistent dans ces granites, l'une ou l'autre pouvant être dominante — avec tous les types de transition, lesquels ont parfois entre eux des contacts brusques. La quantité des barylites est extrêmement variable. Il n'y a pas, en principe, de muscovite primaire.

Les observations faites par l'un de nous dans le N offrent un cadre à la coordination des aspects disparates de ce complexe subconcordant. Le « fond » des Granites gris se présente avec des caractères anatexiques, par les zones migmatitiques qui entourent un granite à grain fin, quartz intensément anastomosé et biotite très dispersée. Dans ce fond, on voit naître par endroits des phénoblastes, témoins d'une feldspathisation dont l'intensification progressive engendre un granite porphyroïde grossier ; et celui-ci, à son tour, offre toutes les transitions vers un faciès grenu large, toujours en affleurements de dimensions réduites. Il arrive que les contacts soient nets entre des termes que l'on observe ailleurs en liaison continue.

Cette interprétation trouve une confirmation dans le fait qu'elle permet de relier entre eux d'une manière simple et exempte de contradictions, des faciès rencontrés plus ou moins isolément dans la région frontière.

D'autre part, *des passages progressifs ont été observés entre les faciès porphyroïdes des Granites gris et ceux du groupe suivant qui, en dépit de ses caractères moyens complètement différents, se trouve ainsi « dériver » des granites antérieurs subconcordants.*

C. GRANITES SUBPORPHYROIDES DISCORDANTS. — Les caractères généraux de ce vaste ensemble peuvent être résumés comme suit :

- raccordement morphologique au contexte : variable ;
- morphologie interne : variable ;
- feldspaths généralement saillants sur la surface d'altération ;
- position zonéographique des roches encaissantes : variable ;
- contacts tantôt nets, tantôt diffus (fût-ce au pourtour d'un même massif) ; pas d'auréoles ;

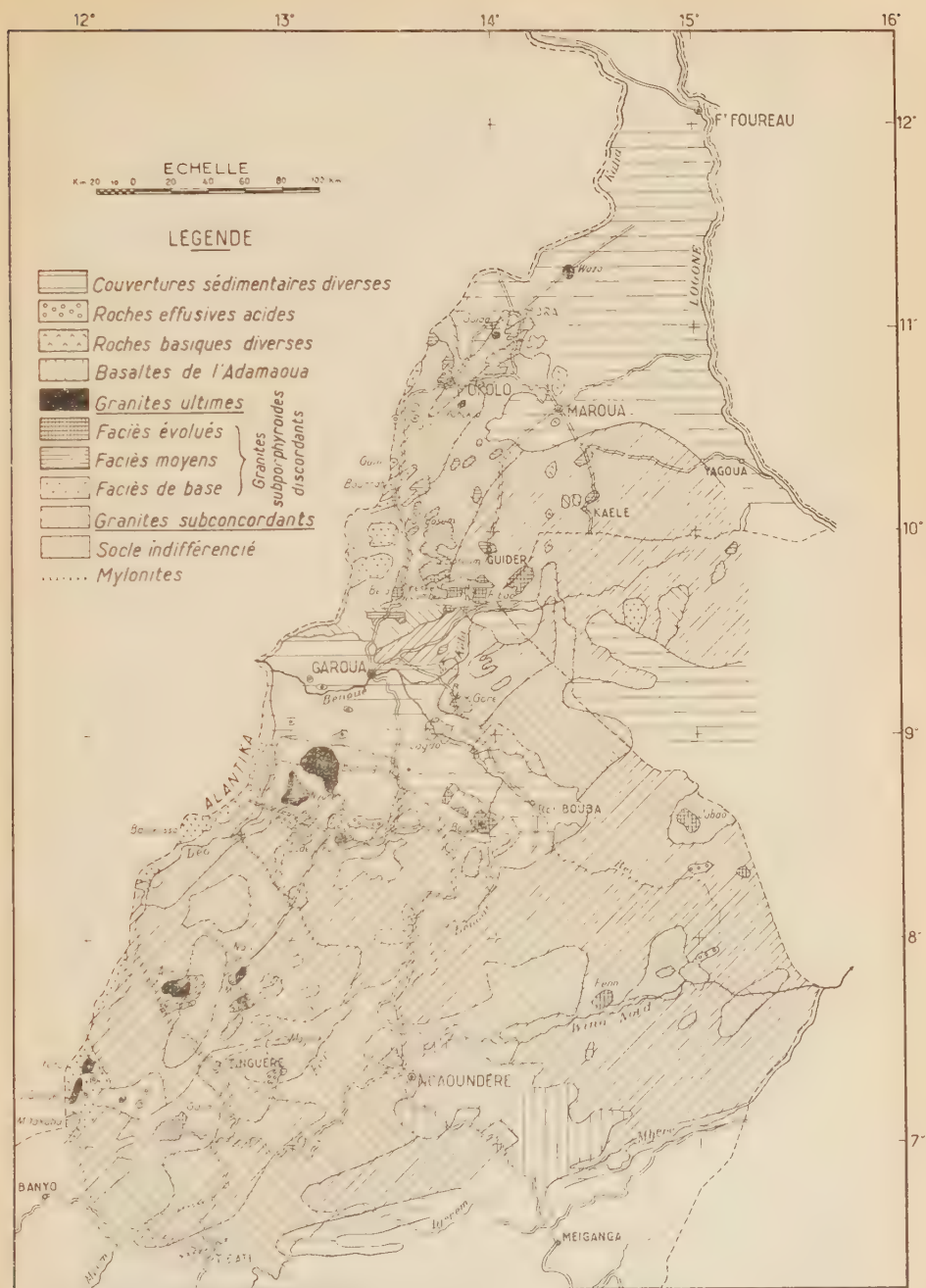


FIG. 1. — Esquisse géologique du Nord-Cameroun.

- direction de l'affleurement en principe discordante ;
- cortège banal de microgranites et aplites ; pegmatites rares, en placages ou nodules ;
- diachlases diversement ordonnées ;
- mylonitisation généralement faible et localisée ;
- roches sans foliation, sauf épisodiquement en bordure des massifs ;
- massifs présentant des *faciès grenus* et des *faciès porphyroïdes magmatiquement consanguins, dont la prédominance varie d'une entité à l'autre* ;
- roches granitiques franches, grenues ou porphyroïdes, à grain variable, grises, jaunes ou rosâtres, laissant voir macroscopiquement : a) du quartz assez abondant, manifestant une tendance plus ou moins marquée à la rétraction ; b) deux feldspaths plus ou moins facilement discernables, dont un potassique souvent rosé ; c) de la biotite assez abondante et dispersée, exceptionnellement associée à l'amphibole commune, jamais à une muscovite primaire ; d) parfois de la fluorine.

La roche prend parfois un aspect bigarré dû à une différence plus marquée des couleurs des feldspaths.

Sous le microscope : la roche est, sauf exception locale, peu tectonisée ; le quartz est à tendance granulitique ; le feldspath est un microcline en grands cristaux variablement albitisé — jamais beaucoup — par perthites en facules généralement maclées ; ce microcline baigne dans une pâte équi-granulaire quartzo-feldspathique, avec plagioclase de 8 à 20 % An (exceptionnellement jusqu'à 30 % d'An), en cristaux automorphes souvent couronnés d'albite, en quantité généralement subordonnée au microcline (granite subalcalin ou calco-alcalin) ; la biotite est généralement interstitielle.

A travers l'ensemble des études, dont les physionomies que nous donnons ici ne dégagent que des traits moyens, on constate que les Granites subporphyroïdes se distinguent du groupe précédent par :

- une individualisation plus accentuée des pointements hors du contexte ;
- un caractère circonscrit et discordant plus net ;
- dans le N, une direction générale différente ;
- une tendance naissante au rassemblement du quartz ;
- un plagioclase en moyenne plus calcique, mais en principe subordonné au microcline ;
- une albitisation légèrement plus prononcée ;
- la subordination de l'amphibole à la biotite.

En outre, un certain nombre de massifs révèlent, en plaques minces, un *envahissement potassique* de la roche sous forme de microcline néogène dissolvant les plagioclases ; et ce phénomène paraît atteindre en particulier les spécimens dont le plagioclase est le plus calcique. Les conditions de gisement nous ont amenés à placer les granites affectés par ce double caractère entre les granites subconcordants et les roches ayant les propriétés moyennes du groupe. A ce titre, des entités telles que Mba-Yakuba, Bobodjé,

Alantika (Oglo) Lagdo, ont un « faciès de base » par rapport à l'ensemble des Subporphyroïdes discordants, dont d'autres termes peuvent coexister avec eux dans un même massif.

En outre, un nombre important de massifs font apparaître une autre transformation des mêmes granites, bien visible macroscopiquement, cette fois. Cette deuxième transformation a pu être comparativement bien étudiée. Elle consiste, à l'œil, en une individualisation progressive de grains de quartz dans une pâte feldspathique de plus en plus homogène. Sur la surface d'altération, le quartz prend une part de plus en plus importante parmi les grains saillants. Cette transformation apparaît en taches grenues dans les massifs, ce qui leur donne un aspect hétérogène, et ce qui permet d'observer le passage des faciès les plus « évolués » au granite subporphyroïde dont ils dérivent. Notre description résulte d'observations concordantes faites dans les massifs, distants les uns des autres de plusieurs dizaines de kilomètres, du Nyoré, Godé, Balda et Lombel.

Sous le microscope, on peut suivre, à travers des séries de lames minces, le rassemblement du quartz, la disparition progressive du plagioclase au profit du microcline et le remplacement des perthites maciées par des facules sans macle, puis par la perthite tigrée en strings. Celle-ci n'apparaît que tardivement.

Il nous a paru nécessaire de créer un sous-groupe pour ces « faciès évolués ».

Les granites du groupe subporphyroïde n'affleurent avec quelque continuité que dans l'extrême N. Ainsi que nous l'avons déjà noté, ils s'engrènent en fuseaux dans les Granites gris entre Mora et Mada ; et il est remarquable que *les contacts entre les deux formations montrent nettement une prédominance des formes diffuses sur le versant nord-ouest du fuseau principal, tandis que le flanc sud-est est émaillé d'enclaves et de contacts brusques.* La disposition fusiforme en question est régulièrement axée N 60° E, recoupant avec un angle de 40° la direction moyenne des Granites gris. Elle fait place, au SW, à la « chaîne Guili-Peské », succession de massifs de plus en plus distincts les uns des autres, au long de laquelle on peut suivre l'évolution continue des faciès, depuis le faciès de base (Guili) jusqu'au faciès le plus évolué (Peské). N'était cette circonstance exceptionnellement favorable, nous ne serions sans doute pas parvenus à constituer l'ensemble des Granites subporphyroïdes. Car, plus au S, les termes n'en émergent plus qu'en massifs sans liens visibles entre eux, et au sein desquels la diversité des faciès serait restée difficile à interpréter.

Seul, le H. Nyoré nous a permis de retrouver la zone supérieure

de l'évolution ci-dessus mentionnée (du H. Bosoum au H. Peské) ; mais, cette fois, dans l'auréole de contact entre le Subporphyroïde et le Granite ultime de Djoumté.

Nous sommes donc ainsi amenés graduellement au groupe suivant.

D. LES GRANITES ULTIMES. — a) *Granite à biotite*. L'évolution qui vient d'être schématisée conduit sur le terrain (notamment au Hosséré Nyoré) à un granite dont les caractères sont les suivants :

— roche grenue équigranulaire, de grain moyen, beige rosé, de cassure très franche montrant des grains de quartz translucides bien individualisés dans une pâte feldspathique très homogène (individualité des cristaux indiscernable). Les quartz seuls font saillie à l'altération (« grain de riz »). La biotite, rassemblée, est peu abondante.

Nous avons nommé cette roche : *granite de Djoumté*.

Sous le microscope, elle montre : des quartz, à extinction faiblement ondulée ou droite, et des microclines de grande taille ; pas (ou très peu) de plagioclases et d'albite exprimée automorphe ; albitisation très avancée et très régulière des microclines, par perthites tigrées en strings (mêlées parfois à des taches), à l'exclusion de toute perthite maclée ; biotite comme seul ferromagnésien ; fluorine.

Ces caractères microscopiques sont ceux du granite à biotite de Nigeria — avec lequel la roche n'a que peu de ressemblance macroscopique.

Plus proche de ce dernier est le « granite du Borongo », dont les caractères microscopiques sont identiques à ceux du granite de Djoumté (avec biotite plus apparente), mais qui, macroscopiquement, est à grain grossier, quartz rassemblée et cristaux de microcline (feldspath unique) mieux individualisés. Ce granite du Borongo forme un batholite relativement peu saillant et de morphologie molle, subcirculaire, d'une trentaine de kilomètres de diamètre, dont la bordure disparaît entièrement sous des arènes grossières. Il ne comporte que des hétérogénéités très rares et très localisées, que leur aspect permet de rapporter aux subporphyroïdes des termes moyens et évolués.

Le granite de Djoumté apparaît au pourtour du H. Nyoré, massif de section plane piriforme, dont la superficie est à peu près la moitié de celle du précédent, mais qui dresse une masse imposante et vigoureusement découpée hors de la plaine métamorphique qui l'entoure. Le contact avec les gneiss encaissants est diffus autour de la pointe nord où il donne lieu à des roches transitionnelles sous lesquelles le massif s'ennoie en pente douce ; il

est brusque sur les autres flancs, mais nous le considérons comme anormal, le massif paraissant encadré de failles. Les parties hautes sont occupées par un granite subporphyroïde gris-rosé parfaitement typique — à l'exception de quelques « fenêtres » où l'on retrouve le granite de Djoumté ou des faciès évolués qui l'évoquent de très près. Sur les pentes, on recueille des faciès intermédiaires diversement évolués.

En quelques endroits, au pourtour du massif, on observe des contacts « au couteau » entre les deux roches-type, mais *les enclaves qui les accompagnent sont indifféremment de l'un des granites dans l'autre*. Seul l'ensemble des observations nous permet de conclure à « l'intrusion » du granite de Djoumté dans le Subporphyroïde. *On a, au Nyoré, un cas particulièrement net de deux roches dont l'une dérive de l'autre par une transformation bien caractérisée et qui, localement, présente avec sa roche-mère des contacts brusques et « bousculés ».*

Des granites ayant identiquement les mêmes caractères microscopiques que les granites de Djoumté et du Borongo se retrouvent dans les massifs et dans les conditions suivantes :

1^o Au Hosséré Balda, on retrouve, sans pouvoir en observer les contacts, tous les faciès du Nyoré : le Subporphyroïde, ses faciès évolués, et le granite de Djoumté qui a, ici, une teinte rouge vif (les microclines sont, entre les strings perthitiques, souillés d'oxydes de fer).

2^o Au Hosséré Poli, petit massif subcirculaire émergeant des schistes, le granite se présente avec une teinte grise-jaunâtre et des cristaux de microcline automorphe qui donnent à la pâte feldspathique dans laquelle sont noyés les grains de quartz un aspect rugueux et lâche. Il voisine avec un faciès à riébéckite et des roches effusives porphyriques.

3^o Les massifs de Soliré-Gungel et Foru sont de petits pointements « intrusifs » dans les vieux granites et dont la roche, toujours microscopiquement identique aux précédentes avec un développement particulier des associations graphiques, est, à l'œil, très proche de celle de Poli.

b) *Granites à riébéckite*. En quelques endroits du pourtour du Hosséré Nyoré, le granite de Djoumté prend une teinte blanche (et parfois un aspect plus ou moins saccharoïde) et se charge de petites aiguilles de riébéckite, en relation avec les fines mouches de biotite, ou en inclusions microscopiques dans le quartz et le microcline.

Sous le microscope, une série de lames minces permet de suivre la *dislocation des microclines perthitisés*, qui se transforment progressivement en une

mosaïque de petits cristaux distincts d'albite *maclée* et de microcline, de dimensions à peu près égales. Simultanément, la riébéckite s'organise en aiguilles de quelques millimètres de longueur, nettement individualisées dans une roche qui ne contient plus de biotite.

Le terme ultime de cette évolution rejoint le « riebeckite granite » de Nigeria. Il apparaît au Hosséré Maïderi en un petit pointement isolé dans la plaine et sans contacts visibles, à 4 km au SW du pied du Nyoré.

Par ailleurs, la riébéckite se trouve également comme minéral accessoire plus ou moins abondant dans des granites à biotite qui tendent vers la syénite (au H. Poli déjà mentionné ; et, dans l'extrême N, dans les petits massifs de Golda-Zuelva et Mohokra ; dans les trois cas, le granite est associé à des roches porphyriques neutres ou basiques).

c) *Syénites*. De la même structure microscopique encore, mais très pauvres en quartz, sont les roches de quelques massifs du SW de notre zone. L'un, le massif d'Almi-Guenfalabo, est une importante montagne constituée pour moitié par des roches porphyriques, et pour moitié par la syénite que nous allons décrire.

Les massifs en question se présentent comme suit :

- massifs bien individualisés, intrusifs et discordants dans le complexe cristallophyllien ;
- cortège important de roches effusives en grandes masses ;
- masses peu diaclasées ;
- dynamométamorphisme très localisé et faible ;
- roches sans foliation aucune ;
- *faciès porphyroïde exceptionnel*, donc massifs homogènes ;
- roches granitoïdes franches, gris rosé ou beige, à grain généralement moyen-fin.

Sous le microscope : a) quartz rare, granulitique, à extinction droite formant avec le feldspath des associations graphiques très fréquentes ; b) feldspath potassique généralement indéterminable, en grands cristaux enchevêtrés, seul ou très prédominant sur le plagioclase, abondamment perthitisé en perthites tigrées ou facules (*jamais maclées*) ; c) oligoclase acide automorphe très rare ; d) biotite rare, fine et disséminée, riébéckite et aegyrine fréquentes en grandes lamelles ; zircon.

N'était leur pauvreté en quartz, ces roches se rapprocheraient des éléments de base de la série hyperalcaline que nous avons décrite (Nyoré-Poli), mais nullement du terme de son évolution — que l'on ne trouve qu'au H. Maïderi).

Les roches ignées associées. Les pointements hyperalcalins et les syénites dont il vient d'être question sont, sauf au Hosséré Maïderi, en contact avec des roches microgrenues basiques ou acides qui rappellent beaucoup les porphyres de Nigeria. Ces roches n'ont pas été étudiées en elles-mêmes. A Golda-Zuelva et à Nan, nous

avons observé un passage graduel du granite à la roche microgrenue d'une manière qui rappelle les observations analogues faites en Nigeria.

Ces roches paraissent généralement postérieures au granite, mais cela n'est certain qu'à Almi-Guenfalabo.

E. LES FORMATIONS « PNEUMATOLYTIQUES ». — En dehors des placages et nodules de pegmatites rencontrés dans les Granites subporphyroïdes, les pegmatites sont rares. On ne les trouve en abondance que dans l'extrême N, au Libam et à Kotschki.

Dans cette dernière localité, elles semblent être en liaison avec de vieux granites dans lesquels elles sont diffuses et dont elles prennent marginalement le faciès. Au Libam, elles semblent prolonger un granite porphyroïde grossier constituant la vaste auréole du granite grenu très large fondamental des Granites gris. La même origine peut être attribuée à d'autres formations analogues de la frontière, près des monts Balakossa.

Toutes ces pegmatites sont à quartz et feldspath, pauvres en mica, et dépourvues de toute minéralisation visible. Il est cependant possible qu'elles soient responsables de quelques traces d'étain de Balakossa.

Les filons de quartz sont rares. La plupart des massifs étudiés sont très « secs » en eux-mêmes (sauf une partie du H. Lombel). Le quartz que l'on rencontre est parfois en liaison très probable avec des failles.

Aucun filon de greisen n'a été rencontré.

II. Remarques en vue d'une synthèse.

Au cours des descriptions qui précèdent, nous avons relaté un certain nombre d'observations qui doivent maintenant être coordonnées.

A. VALEUR DES CRITÈRES. — En premier lieu, il peut être utile que nous soulignons l'aide relative que nous ont apportée les différents critères différentiels dans leur application aux granites du Nord-Cameroun. Cela peut tenir en quelques remarques.

1^o *Les critères de morphologie, de contact, de roches encaissantes, de direction, de jointing, de fluidalité n'ont pas pu servir à l'attribution des massifs à un groupe ou à un autre.*

La morphologie dépend de facteurs indépendants des caractères des roches ; la nature du contact est variable autour d'un même massif et les variations sont les mêmes du haut en bas de la

séquence ; les diaclases et les directions sont partout variables tout en devenant de plus en plus inconstantes à mesure qu'on s'élève dans la série. Tout ce que l'on peut dire est que l'ensemble des observations incite de plus en plus nettement à conclure à la discordance et à l'intrusivité à mesure qu'on approche des termes ultimes.

2° *Les caractères macroscopiques susceptibles d'analyse peuvent être trompeurs.* Certaines roches paraissent macroscopiquement identiques tout en ayant des caractères microscopiques très différents (Alantika, Peské et Borongo, par exemple). Inversement, les caractères microscopiques peuvent être identiques chez des roches macroscopiquement très différentes (granite de Djoumté et de Borongo).

La pratique régionale peut, par contre, habituer l'œil à discerner globalement des « faciès » (indescriptibles), éléments de diagnostic beaucoup plus sûrs que les caractères analytiques.

3° *Sous le microscope, la simple détermination minéralogique des constituants nous a été moins utile que l'aspect de leurs rapports et les conditions d'équilibre des phases en présence.*

B. LES FACTEURS DE CONTINUITÉ ET DE DISCONTINUITÉ. — La constatation la plus importante que nous ayons faite est celle des faciès de transition qui « existent entre tous les types » que nous avons dû choisir pour établir une classification. Par ces faciès intermédiaires, *une série continue s'établit depuis la base des Granites subconcordants jusqu'aux Granites ultimes* à biotite et même à riébéckite.

La *continuité*, du moins, porte sur les caractères suivants : rapport de masse des faciès grenus aux faciès porphyroïdes ; rétraction du quartz ; rapport quantitatif de la biotite à l'amphibole commune ; degré d'albitisation des feldspaths.

La *discontinuité* s'affirme par : le rapport de masse de feldspath potassique au plagioclase ; l'acidité du plagioclase.

Si nous traçons les courbes correspondant à ces caractères, nous constatons qu'elles suivent un remarquable parallélisme, avec les deux exceptions suivantes : d'une part, on constate que les granites de la base du groupe subporphyroïde discordant ont des plagioclases plus basiques que ceux des Subconcordants plus anciens ; après quoi, la courbe d'acidité de ces plagioclases devient semblable aux autres. D'autre part, au même point de la série granitique, la roche se charge en microcline, et ce phénomène se reproduit dans les faciès évolués des Subporphyroïdes, avant la disparition totale des plagioclases qui caractérise les Ultimes (fig. 2).

Le groupe des Subporphyroïdes discordants s'individualise ainsi entre deux apports de potasse, marquant chacun le début d'une pulsation dans le cycle global de granitisation.

Sur cette seule base, nous aurions dû placer les faciès subporphyroïdes évolués à la base des Granites ultimes ; mais, en fait, sur le terrain et sous le microscope, ils restent beaucoup plus proches de leurs roches d'origine que des Granites ultimes auxquels ils passent par un saut assez brusque. Le caractère fonda-

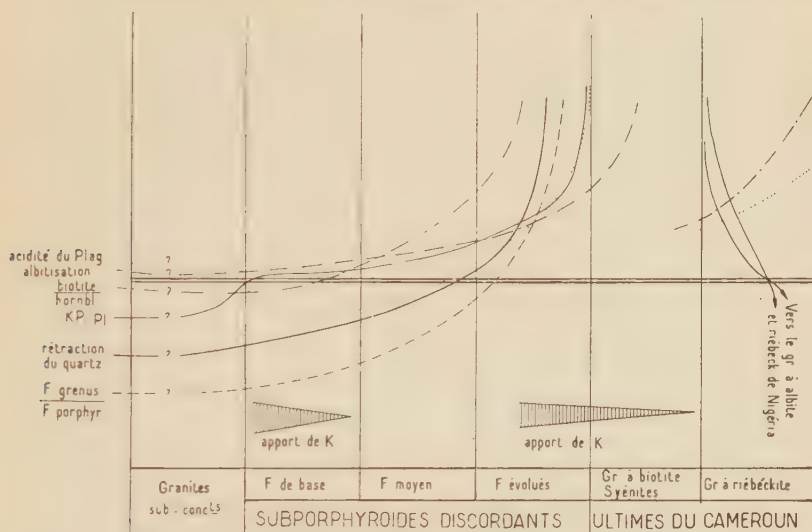


FIG. 2. — Modifications des caractères pétrographiques à travers la séquence granitique.

Le trait horizontal médian correspond à la valeur 1 des rapports et à 12 % An pour l'acidité du plagioclase.

mental de ces derniers est l'absence totale de plagioclase et l'albitisation parfaite du microcline. L'envahissement potassique a prélué à cette albitisation ; tout comme il semble avoir prélué, en même temps que la chute d'acidité du plagioclase, à la reprise ascensionnelle continue de cette acidité. *Ce sont ces faits qui sont importants et non la place que nous avons assignée aux coupures de la séquence.* La coupure du haut se présente au microscope alors qu'elle n'est pas encore nette sur le terrain, comme s'il y avait un décalage entre l'apparition du phénomène dans l'intimité de la roche et sa manifestation au grand jour. Nous avons estimé devoir adapter notre classification aux apparences directement saisissables, qui correspondent, d'ailleurs, à ce qui peut être appelé un « phénomène accompli ».

*
* *

De quel ordre est ce phénomène ?

Il ne nous paraît pas contestable qu'il trouve place parmi les modalités du métamorphisme.

Mais l'ensemble de nos reconnaissances nous met en face de la double constatation suivante. Ayant individualisé un granite que nous appelons « ultime », nous trouvons :

— d'une part (au Nyoré et au Balda), une masse importante de roches subporphyroïdes à deux feldspaths « primaires » que nous voyons rejoindre, par transformation progressive, l'ensemble des caractères du Granite ultime, lequel n'affleure que sporadiquement et diffus dans la masse ;

— d'autre part (Soliré-Gungel, Foru, Poli, Mohokra, Golda-Zuelva), de petits pointements du Granite ultime, nettement circonscrits dans une roche encaissante sur laquelle ils n'ont aucune influence métamorphique.

On peut lier ces deux observations en disant que : *Les Granites subporphyroïdes subissent un métamorphisme qui les transforme en Granites ultimes, lesquels apparaissent par endroits en pointements intrusifs à contacts nets.* Nous nous demandons si ce ne sont pas des observations de même ordre qui ont amené Reynolds à écrire (lettre personnelle à Van Bemmelen) : « L'une quelconque des roches qui naissent durant la transformation (granitisation ou basification) peut, dans des conditions suffisamment hautes de température, etc..., devenir magmatique — ou, suivant Backlund, « rhéomorphique », et être intrudée dans des niveaux supérieurs. Le magma n'est pas la cause de la granitisation, mais son résultat. » Quelle que soit son origine, cette citation fournit une explication satisfaisante de nos observations.

On peut également considérer que nos Granites ultimes représentent une phase intrusive, au sens magmatiste du mot. Le Borongo serait le seul affleurement vraiment susceptible d'être appelé « batholite ». Le granite de Djoumté en serait alors une manière de « faciès de bordure », actif, le seul donnant naissance à une auréole. Cette interprétation se heurte à l'absence quasi-totale de formations pneumatolytiques : à moins qu'on n'invoque, pour expliquer cette absence, le caractère profond de « l'intrusion ». Mais, d'autre part, nous concevons mal comment une intrusion profonde pourrait revêtir une pareille diversité d'aspects. Enfin, la similitude du Granite ultime fondamental avec les Younger

Granites de Nigeria est telle qu'on peut difficilement assigner au premier une position plus profonde qu'aux seconds.

Tout pesé, nous sommes unanimes à conclure que l'hypothèse de Reynolds est la plus applicable au cas qui nous occupe.

Le rôle des alcalins. Nous avons déjà signalé qu'un apport de potasse paraît intervenir tant à la base du groupe des Subporphyroïdes (où il aurait besoin d'être étudié de plus près) qu'à l'origine des Granites ultimes (où il est beaucoup plus net). Seules des analyses pourraient donner quelque certitude dans la mesure où les dernières conquêtes de la physico-chimie laissent quelque crédit aux dosages d'alcalis et à leur interprétation. Mais, qu'il y ait ou non « apport » de potasse, une modification de l'équilibre feldspathique est évidente dans les deux cas, sous forme d'un envahissement par le microcline. *L'ion K se trouve donc mis en vedette à l'origine de deux stades d'évolution qui évoquent la notion du cycle.* C'est un rôle analogue que J. de Lapparent [1946] a attribué à cet ion dans le « passage » du groupe des périodites aux granites.

D'autre part, le comportement vraiment très remarquable des manifestations de l'albitisation à travers la séquence granitique attire l'attention sur l'évolution de l'équilibre feldspathique en général et surtout sur le sodium, lequel semble développer un véritable « jeu ». Celui-ci s'exprime de la manière suivante : lors de l'envahissement potassique de la roche, les plagioclases ont des couronnes d'albite ; celles-ci sont comme dissoutes par le microcline, en même temps que le plagioclase devient plus calcique — comme si le feldspath potassique absorbait l'albite ; puis, les plagioclases reprennent de l'acidité, en même temps qu'apparaissent dans le microcline des perthites maclées — comme si la roche subissait une albitisation générale ; par individualisation d'albite fraîche dans le microcline, d'une part, et réincorporation du sodium dans les édifices plagioclasiques d'autre part (?). Lors du second envahissement potassique, le plagioclase disparaît, tandis que le microcline se perthitise en facules non maclées et en strings serrés. Un état d'équilibre apparent s'établit ainsi dans les Granites ultimes selon une modalité tout à fait différente de celle adoptée par les Granites subporphyroïdes.

Pour interpréter ces observations, il faudrait que l'on connaisse parfaitement le mécanisme de la perthitisation. On peut néanmoins tenter une explication à l'aide de certaines opinions autorisées. K. Rankama, entre autres, est d'avis que les perthites résultent d'une exsudation de l'albite contenue en solution solide dans le feldspath potassique, par suite d'un abaissement de la température qui diminue l'affinité diadochique des ions K et Na, et

oblige les édifices isomorphes à se séparer. F. J. Turner considère le développement des perthites, au départ d'un feldspath originellement homogène, comme « tombant certainement » dans la catégorie des « réactions directes évidentes entre phases solides ». D'une manière plus générale, l'albitisation est admise comme pouvant se développer à basse température et, suivant Grubenmann-Niggli, suivre de peu la consolidation de la roche. Pour ces auteurs également, l'apport sodique suit normalement l'apport potassique — ce que l'on peut traduire en disant que le jeu du sodium suit celui du potassium. On est donc fondé à supposer qu'entre deux apports potassiques vraisemblables, les Granites subporphyroïdes ont subi une évolution à basse température tendant à l'établissement d'un équilibre perthitique d'un certain type. Le second de ces apports potassiques remet ensuite tout en question, ouvrant un nouveau cycle, celui des Granites ultimes, où *l'équilibre perthitique sera très différent*.

Ce renouveau d'activité implique-t'il une élévation de température ? Ou bien les éventuelles solutions alcalines se sont-elles insinuées par les pores de la roche ? Nous n'en pouvons rien dire. Nous ignorons également les raisons pour lesquelles la forme des perthites a changé. Mais nous pensons qu'il y a là des problèmes pétrographiques importants à résoudre. Ils le sont d'autant plus que, loin de s'arrêter au bel équilibre réalisé par la perthite en strings (que nous avons appelée : tigrée), le jeu de l'albite se poursuit ici vers la formation des granites à riébéckite suivant le processus que nous avons décrit. Un point d'interrogation subsiste à ce sujet : l'origine du fer ; car la raréfaction de la biotite semble (sous le microscope) n'avoir pas laissé la quantité de fer nécessaire à la formation de riébéckite avec le degré d'abondance qu'elle atteint.

Quant au calcium, toute trace en disparaît avec l'évanouissement des plagioclases, les Granites ultimes ne contenant généralement pas de minéraux accessoires calciques, en dehors de la fluorine.

CONCLUSION. — Les moyens d'investigation dont nous disposions et le peu de temps que nous avons pu consacrer à l'étude de nos matériaux (par ailleurs insuffisants) ne nous permettent pas de présenter comme définitive l'idée de synthèse qui se fait jour à travers notre exposé. Nous avons surtout voulu montrer que les granites du Nord-Cameroun posent des problèmes qui rejoignent les préoccupations actuelles de beaucoup d'autres chercheurs, auxquels ils peuvent apporter d'utiles indications ou confirmations. Quant à l'ensemble des phénomènes étudiés par

nous, loin de s'intégrer facilement dans une géologie faite de paroxysmes, il évoque beaucoup mieux les « bouffées ascendantes » de J. Goguel, la « fantastique météorologie » de E. Raguin, voire l'allusion biologique de ce dernier auteur.

Nous sommes tout prêts à interpréter les coupures que nous avons établies dans la séquence granitique comme correspondant à l'arrivée de bouffées successives, estompant les contacts plutôt que les accusant. Quant à la phase ultime de cette série de pulsations rythmées, nous la verrions volontiers comme un énorme cumulus orageux ayant son centre dense en Nigeria et allongeant des franges marginales dans la terre camerounaise, expliquant ainsi à la fois la similitude de nature et les différences d'intensité des phénomènes, ici et là.

COMPARAISONS. — Partis à la recherche des « Younger Granites » nigériens au Cameroun, et ayant eu l'occasion de comparer les formations des deux pays par visites réciproques avec des géologues anglais, nous aboutissons à la conclusion que ce qu'on appelle « Younger Granites » en Nigeria, n'est pas un granite particulier. C'est bien *un complexe comprenant une grande variété de roches, et ayant subi une évolution déterminée aboutissant à un faciès global caractéristique*. Ce faciès global, qui s'étend en Nigeria sur de vastes espaces, ne se rencontre que très exceptionnellement au Cameroun. Seuls, nos pointements syénitiques ont été considérés par J.-L. Farrington comme « presque certainement » équivalents aux « Younger Granites ».

A notre avis cependant, les termes de notre groupe subporphyroïde discordant se trouvent englobés, en tant que roches fondamentales, dans le complexe nigérien. Mais ils ont subi, en Nigeria, une transformation du type Djoumté beaucoup plus généralisée, dans une région où des manifestations magmatiques vraies et abondantes ont entretenu une vie géologique intense.

Nous éloignant davantage du Cameroun, en passant de l'autre côté du centre nigérien d'activité géologique, nous constatons, à travers R. Pougnet, R. Karpoff, M. Roques et M. Lelubre, les mêmes difficultés que nous rencontrons nous-mêmes « dans la distinction des phases granitiques qui se sont succédées ». [M. Roques, 1948.]

La séquence granitique pharusienne de l'Adrar des Iforhas est présentée par R. Karpoff d'une manière qui rappelle beaucoup nos propres formations, et en insistant sur les mêmes caractères distinctifs : nature des feldspaths et des perthites. Mais le terme ultime à riébéckite occupe manifestement une place beaucoup

plus importante au Sahara qu'au Cameroun, comme il en est en Nigeria et dans l'Aïr.

De son côté, M. Lelubre a rencontré, dans les granites sahariens, toutes les transitions que nous avons observées nous-mêmes, jusque et y compris le passage des granites aux roches volcaniques.

Ces observations permettent de rapprocher le matériel fondamental des régions en cause ; mais elles semblent bien indiquer que ce matériel s'est trouvé frappé, au SE de la grande fracture du Cameroun, d'une relative sénilité.

C'est sans doute en partie à cette circonstance que sont dus les caractères misérables de la minéralisation dont nous allons maintenant parler.

* * *

III. La minéralisation.

Des traces d'étain ont été trouvées, sous forme de cassitérite, en une demi-douzaine de localités. Ces traces ne s'étendent sur une surface appréciable (quelques kilomètres carrés) qu'aux massifs de Galim, Nyoré, Borongo, Balda (Jubao), et Lombel.

Cette minéralisation présente les caractères généraux suivants :

a) La cassitérite se rencontre dans des formations qui n'ont nulle part un caractère franc d'alluvions ; qu'il s'agisse du colmatage des dépressions dans les parties basses (où les « graviers » ne sont pas — ou ne sont que très peu — « roulés »), ou des accumulations de débris dans les anfractuosités du bed-rock des torrents.

Les éluvions peuvent être également minéralisées.

b) Les grains du minéral sont *petits* et « mal formés » le mot « roulé » s'accordant mal avec un transport évidemment insignifiant. A noter, à cette occasion, que la magnétite et l'ilménorutile étudiés par A. W. Groves dans les concentrés du Borongo peuvent s'y trouver cassés, mais fort peu éloignés de leur forme cristalline primitive et parfois intacts.

c) La cassitérite s'est montrée *diffuse* dans la masse des colmatages, là où elle a été cherchée en dehors du « gravier » (Djounté, Mayo-Kaba).

d) Les teneurs sont restées partout *très faibles*, généralement même impondérables.

e) La minéralisation est *sporadique* ; en ce sens qu'à quelque échelle qu'on la considère, elle apparaît en taches. Ces taches peuvent conduire à quelques mètres carrés de teneur exploitable au sein d'une zone stérile ou presque (ex. II. Douré). Dans les

concentrés analysés, on peut souligner : la dominance habituelle de magnétite, d'ilménite et d'oxydes de fer divers ; la présence assez constante de zircon, fréquente de grenats et de monazite ; le fait que la topaze n'est dosable qu'au Borongo et que les traces en sont indépendantes de celles de l'étain ; la rareté de la tourmaline et des sulfures ; la présence d'oxydes de niobium et de tantale en traces ; l'absence de thorite (peut-être insuffisamment cherchée).

Il est remarquable, mais non surprenant, que les six massifs précités soient constitués géologiquement par des granites du groupe Ultime, ou des faciès évolués des Subporphyroïdes. La liaison se trouve ainsi établie avec beaucoup de vraisemblance entre l'étain et la phase d'activité « magmatique » représentée par le Granite de Djounté. Reste à expliquer la présence du métal et sa rareté. Il est, en effet, évident que l'inexploitabilité des gîtes n'est pas seulement due à l'absence de concentration alluvionnaire, mais bien à la pauvreté générale de la minéralisation. En font foi les teneurs trouvées dans les éluvions et la dimension des cristaux de cassitérite, qui n'excèdent jamais celle de la tête d'épingle.

Du point de vue magmatiste classique, l'absence quasi totale de formations pneumatolytiques suffit à expliquer celle de l'étain. Mais on peut pousser l'analyse plus loin en s'aidant des hypothèses formulées par C. J. Sullivan [1948] ¹.

On pourrait conclure alors que :

1° La présence de l'étain dans le domaine de notre granitisation implique qu'un volcanisme pré-granitique y a véhiculé le métal. Ce volcanisme intense en Nigeria, est insignifiant dans le Nord-

1. Pour les lecteurs qui n'auraient pas encore eu l'occasion d'aborder cet article, nous nous permettons d'en résumer ci-dessous les idées essentielles appliquées à l'étain. Sullivan suggère, en substance : a) que l'étain, élément plutôt sidérophile, a dû ne rester qu'en petite quantité dans la lithosphère tandis que le matériel terrestre était encore largement liquide (d'après Goldschmidt) ; b) qu'il a dû être (comme les autres minéraux sidérophiles) remonté dans la lithosphère par des roches volcaniques ; c) qu'une fois remonté dans la lithosphère, il y reste au sein des roches dérivées de celles qui l'ont amené ; d) que les relations génétiques observées entre un type défini de roche granitique et un type de minerai sont essentiellement fonction de l'aptitude du granite considéré à concentrer pendant sa formation les éléments métalliques originellement dispersés dans le matériel crustal dont il dérive ; e) que cette aptitude à la concentration est l'inverse de l'aptitude à la rétention intramoléculaire ; f) que les minéraux constitutifs d'une roche ne peuvent retenir que les ions qui, par leur rayon ionique et leur charge, peuvent s'intégrer dans leurs édifices ; g) que les ions W, Ta, Nb, Bi, Sn ont des caractéristiques telles qu'ils ne peuvent pas demeurer dans les édifices silico-alumineux-alcalins-calciques constitutifs des granites acides (tandis qu'ils s'associent aisément aux ions Mg, Fe, Ti, dans les ferromagnésiens). De même, l'ion Si ne pouvant pas rester en excès par rapport à ses combinaisons, émigre facilement et accompagne les concentrations des métaux ci-dessus, avec le B (ion exceptionnellement petit) et le F (exceptionnellement grand).

Cameroun ; il y aurait donc eu moins d'étain en tout état de cause.

2^o Sa concentration en masses importantes (déjà réduite en chances par la première constatation) est fonction des conditions de formation du granite. Si les conditions optima sont celles du granite à biotite de Nigeria, elles ne sont développées au Cameroun qu'à une échelle excessivement réduite, ce qui fournit une seconde explication de la rareté des gîtes.

En fait, des traces d'étain ont été révélées par l'analyse chimique dans des granites camerounais de diverses provenances : et cela est conforme aux données actuelles de la géochimie, d'après lesquelles la composition des roches est loin de se limiter à leurs constituants essentiels. D'après Sullivan, les constituants accessoires, pris dans les réseaux cristallins fondamentaux, peuvent s'en trouver expulsés par des modifications de structure ou d'équilibre. Or, *les modifications de l'équilibre feldspathique qui caractérisent particulièrement l'activité du granite de Djoumté paraissent bien être de celles qui peuvent libérer l'étain disséminé dans le granite affecté*. Mais il ne peut pas en être expulsé plus que ce granite en contient. F. J. Turner considère, de son côté, que l'étain est lié à l'« autométamorphisme » des granites (avec apport fluoré). Ce mot ne peut-il pas s'appliquer à l'ensemble des phénomènes que nous avons évoqués ?

Des données quantitatives pourraient seules permettre de savoir si la quantité d'étain révélée çà et là à l'état de cassitérite est vraiment supérieure à celle qui est contenue « géochimiquement » dans les granites affectés par le métamorphisme Djoumté. Ce n'est pas du tout certain. Dans la négative, il ne serait même pas utile de faire intervenir un rare volcanisme pré-Djoumté pour expliquer la présence de l'étain existant.

Conclusion générale.

Qu'il s'agisse des caractères géologiques des formations granitiques du Nord-Cameroun ou de la minéralisation en étain que l'on trouve en liaison avec leurs termes ultimes, nous sommes d'avis que *la référence aux propriétés structurales des minéraux apporte les meilleurs éléments de compréhension et de synthèse*. Dans le cas présent, les vues de J. de Lapparent en granitologie et celles de Sullivan en métallogénie se montrent remarquablement complémentaires dans une vision satisfaisante de l'ensemble. C'est ce qui nous a le plus frappé au terme de nos recherches, et ce que nous avons voulu souligner au terme d'une description succincte de la séquence granitique.

BIBLIOGRAPHIE

- BOURCART J. (1953). — Rapport sur l'attribution du Prix Fontannes à M. Maurice LELUBRE. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 184-193.
- BUREAU MINIER DE LA FRANCE D'OUTRE-MER (1949 à 1953). — Notes et Rapports inédits de M. CHAPUT, J. LOMBARD, J. LORMAND, H. MICHEL, J. SAGATZKY.
- FALCONER J. D. (1921). — The geology of the Plateau Tin Fields. *Bull. Geol. Surv. Nigeria*, n° 1.
- GOGUEL J. (1952). — Traité de Tectonique. Paris, Masson et C^{ie}.
- GRUBENMANN U. et NIGGLI P. (1924). — Die Gesteinsmetamorphose. Allgemeiner Teil. 1 vol., Berlin.
- HARKER A. (1932). — Metamorphism. 1 vol., Londres.
- KARPOFF R. (1948 a). — Observations géologiques à l'Est de Zinder (Colonie du Niger). *C. R. somm. S. G. F.*, p. 339-340.
- (1948 b). — Observations géologiques dans le Mounio (Colonie du Niger). *Ibid.*, p. 349-351.
- (1949). — Les granites du Sahara. *C. R. Ac. Sc.*, t. 228, p. 585-587.
- LAPPARENT J. DE (1941). — Logique des minéraux du granite. *Rev. scientifique*, 79^e an., p. 285.
- (1946). — Le côté des péridotites. *Ibid.*, 84^e an., p. 334.
- MACKAY R. A., GREENWOOD R. et ROCKINGHAM J. E. (1949). — The Geology of the Plateau Tinfelds. Resurvey 1945-48. *Bull. Geol. Surv. Nigeria*, n° 19.
- POUGNET R. (1949). — Sur les différents types de granites atacoriens au Dahomey. *C. R. Ac. Sc.*, t. 228, p. 1503-1505.
- RAGUIN R. (1946). — Géologie du granite. Paris, Masson et Cie.
- RANKAMA K. et SAHAMA Th. G. (1949). — Geochemistry. 1 vol., Chicago, Chicago University Press.
- ROQUES M. (1948). — Le Précambrien de l'Afrique occidentale française. *B. S. G. F.*, (5), XVIII, p. 589-628.
- SULLIVAN C. J. (1948). — Ore and granitisation. *Econ. Geology*, vol. 43, p. 471-498.
- TURNER F. J. (1948). — Mineralogical and structural evolution of the Metamorphic Rocks. *Mem. Geol. Soc. America*, n° 30.
- VAN BEMMELEN (1949). — Geology of Indonesia. La Haye, Gut Printing Office.

CONTRIBUTIONS A L'ÉTUDE DU QUATERNAIRE DES RÉGIONS DE PALERME ET DE MILAZZO (SICILE)

PAR François Ottmann ET Jacques Picard ¹.

Sommaire. — Cette étude, basée sur les associations faunistiques ² et sur la stratigraphie détaillée, permet à la lumière des derniers travaux océanographiques, tant dans le domaine des courants que des biocoenoses, de reconstituer l'évolution marine de ce littoral au cours du Quaternaire.

Nous avons eu l'occasion, au cours d'un séjour sur la côte septentrionale de la Sicile, de revoir la plupart des gisements quaternaires des régions de Palerme et de Milazzo. Ces gisements ont été envisagés en tenant compte aussi bien des conceptions stratigraphiques modernes que des plus récentes acquisitions sur la connaissance des actuelles biocoenoses méditerranéennes.

I. Région de Palerme.

Cette région, très étudiée par les auteurs, présente une série de belles coupes dont nous ne discuterons que celles qui apportent quelques nouveautés.

A. ENVIRONS DE FICARAZZI. — Sur le littoral, dans les falaises activement rongées par la mer à Via Mare, on observe la coupe suivante, intéressante par la variété des faciès latéraux et locaux qu'il est aisé de synchroniser avec la coupe type de la carrière Puleo.

1) Argiles grises (ou bleues, selon les auteurs) de Ficarazzi, dont il n'est pas possible de voir la base. Ces argiles (Sicilien certain) contiennent une faune relativement pauvre en espèces, mais très localement riche en individus, parmi lesquels domine *Nassa semistriata* : l'abondance de cette espèce qui, dans les mers actuelles, ne remonte aux environs de — 100 m que tout à fait exceptionnellement et par exemplaires isolés, jointe à la nature du sédiment, suggère que ces argiles correspondent à un dépôt effectué à une plus grande profondeur que celle envisagée par M. Gignoux.

2) Au-dessus, viennent des argiles jaunes, localement sableuses, à faune sicilienne typique et riche en espèces. Cette faune mérite un examen détaillé :

1. Note présentée à la séance du 14 juin 1954.

2. La faune a été déterminée par notre ami P. Mars, que nous remercions vivement pour sa collaboration.

on y retrouve en effet le même stock spécifique que celui des argiles bleues, mais considérablement enrichi en espèces, parmi lesquelles un certain nombre d'éléments étrangers aux faunes méditerranéennes actuelles, telles les abondantes *Cyprina islandica*. Ces argiles jaunes sont localement pétries de fragments de grands Bryozoaires non en place, mais abandonnés là par des courants, comme nous le préciserons par la suite.

3) Niveaux de conglomérats à très fin cailloutis, discordants sur ces argiles jaunes, la surface de discordance étant marquée, dans la partie superficielle de l'argile, par des sortes de petits puits où se sont concrétionnés les cailloutis.

4) Puis, sur ces cailloutis, vient un grès très grossier (« pietra molara ») et très coquillier (faune banale), assez mal cimenté. Localement, des lentilles argileuses à *Ostrea edulis* et *Turritella cf. communis* d'apparence lagunaire : l'ensemble des cailloutis et « pietra molara », formations très superficielles, mais bien développées dans la région, peut être assimilé à un « Tyrrhénien I » à faune banale.

5) En discordance, une mince couche de terres rouges (continentales ?) surmontée d'un banc de galets dont certains sont indiscutablement perforés par les Lithophages, ce qui témoigne en faveur d'un ancien cordon de galets ou d'un apport torrentiel local en bord de mer. Ce banc de galets est imprégné d'une pâte rouge venant de l'épaisse couche de terra rossa qui la surmonte. En l'absence d'une faune caractéristique, mais en tenant compte du fait que ce rivage correspond à une oscillation marine postérieure au dépôt de la « pietra molara » et antérieure (ou contemporaine) à la mise en place de la terra rossa continentale, nous rapporterons ces galets au Tyrrhénien II.

Au-dessus de la « pietra molara », nous avons donc ici un ensemble d'aspect différent (mais peut-être équivalent) de celui de la série plus complète observée par M. Gignoux à la carrière Mustica, où la « pietra molara » est surmontée, successivement et dans cet ordre, par des sables et graviers calcaires à coquilles marines superficielles dont il faudrait rechercher s'ils ne correspondent pas à une plage du Tyrrhénien II, par des travertins à molaires d'*Elephas cf. africanus*, par une terre noire à *Helix* et restes protohistoriques, et enfin par un travertin à empreintes végétales.

Il est remarquable de noter que l'épanouissement de la riche faune sicilienne correspond essentiellement, dans les gisements de Palerme, à de larges zones oxydées qui sont parfois (carrière Puleo) à l'état de passées entre deux zones d'argiles bleues, ce qui fait que l'oxydation ne peut être imputée à une modification du sommet des argiles bleues lors d'un épisode continental postérieur : il est indiscutable (autant qu'indispensable pour expliquer la richesse de la faune) qu'il s'agit là d'oxydations localisées contemporaines du dépôt du sédiment et de l'existence de la faune sicilienne. Étant donné la profondeur (de toute manière supérieure à 100 m) de dépôt de ces argiles jaunes indiquée par la faune et la sédimentation, on se trouve alors obligé d'envisager des courants très actifs susceptibles d'amener à cette profondeur des masses d'eau riches en oxygène. Précisément, l'existence de tels courants est indiscutable. En effet, en faciès latéral, on trouve,

mélangés à la faune profonde en place et à l'élément extra-méditerranéen également en place, des tests de Mollusques d'habitat superficiel et surtout des quantités énormes de fragments de grands Bryozoaires coralligènes ayant vécu à une bien plus faible profondeur (*Schismopora avicularis*, *Myriozoum truncatum*, *Retepora* sp.) : ces Bryozoaires exigent, pour se développer, un substrat solide, et ils ne sont obligatoirement pas en place dans les argiles, mais ont été entraînés en profondeur et sur plusieurs km (le gisement est en effet loin de toute paroi rocheuse) ; d'ailleurs, ils montrent localement une orientation parallèle, dans leur litage, qui ne peut être due qu'à l'action d'un courant.

Quant à l'élément sicilien extra-méditerranéen (*Cyprina islandica*, etc...), il convient de le considérer comme nord-atlantique (et non boréal, comme on le dit souvent à tort) et profond (plutôt que froid). En effet, il se compose essentiellement d'espèces qui vivent actuellement entre — 10 et — 2 000 m dans les portions les plus septentrionales de l'Atlantique nord, mais qui, dans les portions les plus méridionales de l'Atlantique nord, remontent rarement au dessus de — 100 m. L'absence (ou la raréfaction) actuelle de ces espèces en Méditerranée profonde résulte moins d'un hypothétique relèvement de la température des eaux profondes que d'une déficience actuelle des courants profonds par rapport à ceux du Sicilien : c'est ainsi que, sur les côtes d'Algérie, le voisinage du détroit de Gibraltar et les courants profonds qui en résultent permettent l'existence d'une faune profonde actuelle plus riche qu'ailleurs en Méditerranée !

Dans le Sicilien de Palerme, il n'y a donc pas de biocoenose mixte (mélange à faible profondeur d'espèces actuellement profondes avec des espèces actuellement superficielles, en rapport avec un prétendu refroidissement accentué des eaux), mais bien une biocoenose profonde de type actuel et enrichie d'éléments nord-atlantiques, avec apports par les courants des tests calcaires du benthos superficiel.

Il convient maintenant de donner quelques précisions comparatives sur le gisement des Falde du Monte Pellegrino. Les épais bancs de molasse zoogène (« tufi calcarei ») décrits par Gignoux, qui les a attribués au Sicilien, sont, eux aussi, pétris de fragments de grands Bryozoaires non en place. On y retrouve le mélange des tests d'espèces d'habitat superficiel charriés par les courants et d'espèces profondes (y compris *Cyprina islandica*) qui, elles, sont en place. La grande épaisseur de ces bancs, leur forte teneur en tests d'espèces superficielles et la présence de pierres anguleuses indiquent non pas un dépôt littoral, mais un dépôt profond effectué

au pied du Monte Pellegrino, sur les flancs duquel a vécu en grande abondance la faune superficielle riche en Bryozoaires. Il est alors évident que les traces d'une ligne de rivage observée vers 80 m d'altitude sur le pourtour du Monte Pellegrino ne peuvent correspondre au Sicilien : d'une part le rivage sicilien devait être à une altitude beaucoup plus élevée (supérieure à 130 m d'altitude), d'autre part, il est sans exemple que des traces de rivage aussi nettes se soient conservées depuis le Sicilien dans des endroits aussi mal protégés de l'érosion. Il paraît beaucoup plus logique d'attribuer ces rainures et perforations littorales du Monte Pellegrino au « Tyrrhénien I » à faune banale, auquel on peut rattacher une couche, peu épaisse et discordante sur la molasse du Sicilien, constituant, à une trentaine de mètres d'altitude, le sommet des couches marines des Falde. Il s'agit là d'un gravier précoralligène à Lithothamnées, *Clanculus corallinus*, *Astrarium rugosum*, etc... dépourvu des espèces d'habitat profond et paraissant s'être formé en place sous une cinquantaine de mètres d'eau. Cette petite formation postsicilienne renferme, à son sommet, des passées de fragments du Madrépore *Cladocora caespitosa* (espèce des eaux tempérées superficielles) souvent lités parallèlement par des courants sous-marins. Le fait qu'un Strombe ait été trouvé sous la ville de Palerme ne permet pas d'attribuer ce niveau supérieur des Falde au Tyrrhénien II : nous montrerons en effet, dans les lignes qui suivent, qu'il existe, à la base du Monte Pellegrino, un véritable Tyrrhénien II à faune sénégalienne, indépendant des formations des Falde car sa ligne de rivage se maintient à quelques mètres seulement au-dessus de l'actuel niveau de la mer.

B. ENVIRONS DE TORRE DEL ISOLA — SFERRACAVALLLO. — La presqu'île de Torre del Isola nous montre une coupe fort intéressante dans le Tyrrhénien. En voici la reconstitution (fig. 1) :

1) Tyrrhénien I : ce sont des lambeaux de calcaire zoogène jaunâtre, très dur, qui se trouvent conservés dans les fentes du karst jurassique. Les fossiles sont indéterminables (réduits à des moules internes). A une cinquantaine de mètres de distance de la mer et à quelques mètres d'altitude, ces lambeaux présentent, là où ils sont apparents, de remarquables vestiges de cuvettes de dissolution par les Cyanophycées ; ces formes de dissolution ne sont pas actuelles (elles sont au niveau des peuplements de *Statice*, alors que les cuvettes actuellement en activité se situent, beaucoup plus bas, au niveau des *Melaphe*) : elles nous paraissent correspondre à la ligne de rivage du Tyrrhénien II.

2) Formations de limons rouges passant à des dunes rubéfiées, très consolidées et très dures, conservées aussi dans les creux du Jurassique. Elles recouvrent localement le Tyrrhénien I

3) Tyrrhénien II ; on le rencontre sous deux aspects :

a) *meuble* à la plage fossile de la presqu'île de Torre del Isola. C'est un cor-

don de galets, avec du sable de part et d'autre, qui repose sur les limons rouges conservés dans les fentes du Jurassique. Il ceinture la presqu'île à 2-3 m d'altitude, juste au-dessus du lapié actuel battu par la mer et les embruns lors des tempêtes. Les sables sont très fossilifères, avec des éléments sénégalien ; les coquilles sont, le plus souvent, très roulées, ce qui indique avec certitude qu'il s'agit là d'un littoral. L'absence de consolidation de ces sédiments semble due à leur situation sur la presqu'île, ce qui leur a évité, n'étant pas recouverts par une masse d'éboulis continentaux, d'être pénétrés par un limon propre à les cimenter.

b) *consolidé* : en allant par le bord de mer de Torre del Isola vers Sferracavallo, on retrouve le Tyrrhénien II dans une position stratigraphique iden-

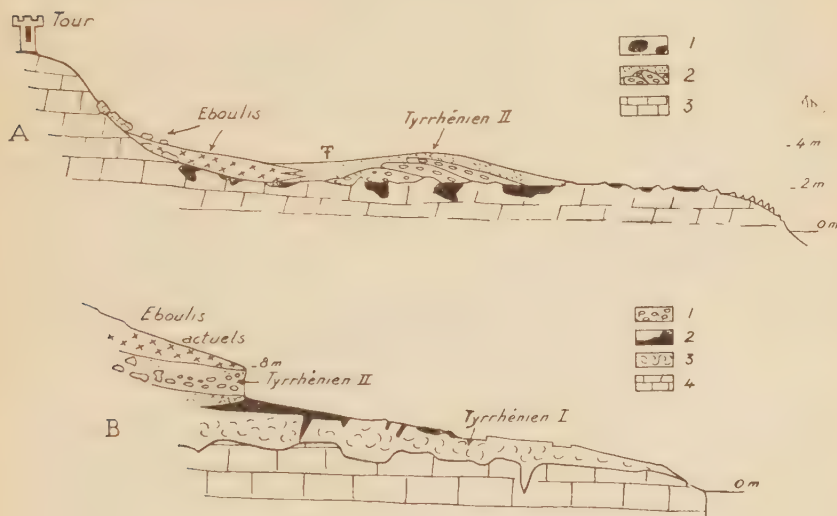


FIG. 1. — Coupes de Torre del Isola.

A : Est de la presqu'île. 1 : limon rouge (très dur) ; 2 : cordon de galets et sable (fossilifère) ; 3 : calcaire karstique.

B : Plage de la presqu'île. 1 : conglomérat, Tyrrhénien II à Strombes ; 2 : limons rouges et sables (dunaires) ; 3 : calcaire zoogène, Tyrrhénien I (faune banale) ; 4 : calcaire karstique.

tique, mais, cette fois, sous forme d'un conglomérat bien consolidé, épais, avec une faune sénégalienne très caractérisée, en particulier le *Strombus bubonius*, *Patella ferruginea*, etc... A l'entrée de Sferracavallo, le Tyrrhénien I manque et le conglomérat fossilifère du Tyrrhénien II repose directement sur le lapié du Jurassique. Il est recouvert par une formation continentale : limons rouges et dunes rubéfiées qui se mêlent aux éboulis actuels, ou aux cônes torrentiels locaux.

C. POURTOUR DU MONTE PELLEGRINO. — L'étude du bord de mer nous a permis de reconstituer la coupe détaillée juste à l'W de la petite localité de Virgine Maria (fig. 2).

Le Tyrrhénien I manque ici, et la série commence par l'épais conglomérat à faune sénégalienne du Tyrrhénien II qui représente un véritable littoral, plus exactement une grève de pied de falaise où se mêlent les cailloutis anguleux et les cailloutis remaniés par la mer (et, de ce fait, plus ou moins roulés et perforés par les Lithophages), alternant avec des lentilles de sable de plage.

Sur le Tyrrhénien II, vient un ensemble continental débutant par des limons rouges bréchiques (climat sans doute très humide, entraînant un fort lavage des pentes) avec quelques niveaux sableux rubéfiés (peut-être dunaires ?). Une croûte très dure, blanche, alternant avec des zones pulvérulentes, semble représenter la fin de la période humide, à laquelle succèdent les dunes.

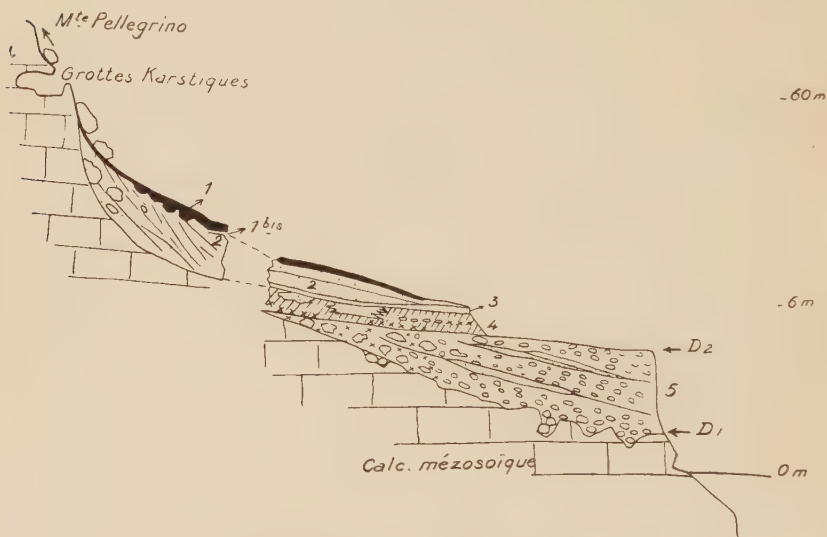


FIG. 2. — Coupe synthétique du Monte Pellegrino (reconstituée d'après les observations faites sur le littoral entre Virgine Maria et Mandelo).

1 : Terra rossa actuelle ; 1 bis : croûte ; 2 : dunes (post-Tyrrhénien II) ; 3 : croûte ; 4 : limons rouges avec sable et éboulis localement ; 5. conglomérat, Tyrrhénien II à Strombes (passant aux brèches à sa partie supérieure).

Ces dunes, d'une puissance extraordinaire, montent jusqu'aux environs de 70 m d'altitude sur les flancs du Monte Pellegrino. La nouvelle route de Mondello-Monte Pellegrino montre une très belle coupe de ces dunes, fort exploitées pour bâtir. Elles contiennent de très gros blocs éboulés dans leur partie supérieure où elles se mêlent aux éboulis. Elles sont recouvertes par la terra rossa (actuelle ?) qui les ravine parfois, directement ou par l'intermédiaire d'une autre croûte d'interprétation délicate.

Il faut encore noter, au débouché de cette nouvelle route du Monte Pellegrino, le long de la route Palerme-Mondello, dans des carrières de la dune post-tyrrhénienne, des perforations de Lithophages dans le socle mésozoïque. Ces perforations, dont certaines

renferment encore les coquilles des *Lithodomus lithophagus*, ont été conservées car recouvertes par la dune. Ceci montre la fragilité de ces perforations qui ne peuvent subsister que là où elles sont protégées. Dans le cas présent, il semble bien que ces perforations, comme toutes celles qui s'observent à une certaine altitude sur les flancs du Monte Pellegrino, datent du Tyrrhénien I.

D. CONCLUSIONS STRATIGRAPHIQUES SUR LA RÉGION DE PALERME. — 1. Le *Sicilien* montre partout une faune profonde typique, avec adjonction de débris superficiels (surtout Bryozoaires) localement déposés par les courants (Via Mare) ou par gravité (Les Falde). Les *Cyprina islandica* n'indiquent pas un refroidissement des eaux, mais une circulation profonde plus active que l'actuelle circulation profonde méditerranéenne. Les faciès de régression, plus superficiels, du Sicilien manquent, sans doute par érosion durant l'émersion qui a succédé brusquement à la transgression.

2. Le *Tyrrhénien I* comporte déjà en soi une appellation fort peu satisfaisante puisqu'on ne lui reconnaît qu'une faune banale, alors que le vrai Tyrrhénien (notre Tyrrhénien II) présente toujours des éléments sénégaliens. Nous verrons par la suite que le nom de Milazzien ne peut pas s'appliquer non plus à ces formations à faune banale, qui ont cependant une indiscutable individualité stratigraphique puisqu'on peut y ranger des niveaux discordants sur le Sicilien et recouverts, également en discordance, par le Tyrrhénien II à faune sénégaliennne. Dans la région de Palerme, comme partout ailleurs où ils sont connus, ces couches du « Tyrrhénien I » correspondent à des formations superficielles (par exemple, la « pietra molara »).

3. Présence constante d'un *faciès continental*, conservé localement, entre les deux Tyrrhéniens. Il s'agit généralement d'une formation rouge, très consolidée et très dure, avec des bancs de sable rubéfiés (dunaires ? ou bien marquant un léger tri et remaniement par le vent).

4. Le *Tyrrhénien II* se caractérise par sa faune sénégaliennne (et non tropicale). Il ne s'agit nullement, en effet, d'un réchauffement marquant des eaux superficielles méditerranéennes, mais seulement de l'apport momentané, favorisé par un courant de surface entrant par le détroit de Gibraltar, d'espèces qui, pour la plupart, vivent encore actuellement, sur les côtes du Sénégal et aux îles du Cap-Vert, dans des eaux qui ne sont pas plus tropicales que les eaux actuelles du SE de la Méditerranée ! Ce Tyrrhénien II est très bien représenté dans la région de Palerme, où il a

d'ailleurs été abondamment décrit. Généralement, on le trouve sous forme de conglomérat (cimenté ou non) correspondant à un ancien littoral : cordon, ou grève de pied de falaise. Les altitudes exactes n'ont aucune valeur, en raison de mouvements tectoniques qui ont affecté ce Tyrrhénien II aussi bien que les formations plus anciennes. Il est à 7-8 m à Via Mare, à 3-4 m à Torre del Isola, et il semble passer localement sous la mer au Monte Pellegrino.

5. *La série continentale post-tyrrhénienne* (ou grimaldienne d'après J. Bourcart) témoigne de la régression importante qui a suivi l'oscillation de la mer du Tyrrhénien II. On y trouve des formations de terres rouges plus ou moins consolidées, des croûtes climatiques, et le remarquable ensemble de dunes qui couronne le tout. Ces dunes post-tyrrhéniennes posent, avec leur puissance (60 m au Monte Pellegrino), un problème général en Méditerranée par suite de leur constance et de leur développement (en Provence : îles d'Hyères, cap Ferrat, cap Martin ; en Italie : Ligurie, Toscane, Elbe ; Sardaigne ; Corse ; etc...). Remarquables par leur constance, elles le sont aussi par leur pétrographie : elles sont en effet essentiellement constituées de débris d'organismes marins, et souvent d'articles d'Algues calcaires (quartz $< 20\%$, généralement $< 10\%$). Cette série passe à la « terra rossa » actuelle et aux éboulis de pente au pied des falaises : sa limite supérieure est donc toujours très difficile à préciser.

II. Région de Milazzo.

Le cap, ou presque île de Milazzo, est en réalité une île, reliée à la terre par un tombolo et une plaine basse. Cette île, de substratum gneissique, porte, à sa partie terminale, un banc de calcaire blanc à Échinodermes attribué au Miocène. Ce Miocène, qui débute par un conglomérat à gros éléments, forme sur les faces ouest et nord une barre rocheuse découpée en falaise verticale.

A. LE PLIOCÈNE (?). — Décrites par M. Gignoux comme Pliocène, puis récemment [Tongiorgi et Trevisan, 1953] attribuées au Calabrien, ces formations de marnes jaunes parfois sableuses remplissent des poches creusées soit dans le socle cristallin, soit dans le Miocène. Elles débutent, sur le Cristallin, par un conglomérat à éléments roulés de très grande taille. Ce conglomérat est cimenté par les marnes jaunes indurées qui ont colmaté les trous et, parfois même, se sont injectées dans les fissures du gneiss. Ce conglomérat est recouvert d'une croûte noire, très mince (0,5

à 1 cm) d'oxydes de fer et manganèse (?) qui recouvre la surface externe des galets supérieurs et évoque des « hard-grounds ».

Remarquons que de très gros blocs de calcaire miocène, tombés dans les marnes jaunes du Pliocène, sont, eux aussi, recouverts d'une patine ferrugineuse assez épaisse.

Les gisements étudiés peuvent se rapporter à trois types essentiels : 1) calcaire jaune, très dur et pétri de grands Madréporaires, tel le lambeau qui subsiste dans un creux de gneiss sous le cimetière de Milazzo au niveau du château ;

2) marnes sableuses extrêmement riches en débris d'*Isidella* (absolument indifférenciable de l'*I. elongata* actuelle) et dont il existe une très forte poche dans l'anse de la Tonnara ;

3) marnes à *Dentalium agile*, également de couleur jaune, bien représentées dans l'anse de San Antonio.

Ces trois types de gisement correspondent exactement aux trois biocoenoses méditerranéennes profondes actuelles : massifs des grands Madréporaires profonds, prairie profonde d'*Isidella elongata* et vases à *Dentalium agile*. En ce qui concerne l'analyse de ces faunes fossiles, il convient tout d'abord de faire abstraction de trop nombreuses descriptions d'espèces non justifiées (particulièrement chez les Madréporaires) de la part de Paléontologistes : ces prétendues espèces nouvelles rentrent dans la marge de variabilité d'espèces vivant encore de nos jours. La faune des trois types de gisement ne semble différer de la faune des biocoenoses actuelles correspondantes que par la présence de quelques espèces, actuellement disparues de la Méditerranée, mais qui ne peuvent, en raison de leur persistance jusque dans les faciès profonds du Sicilien, préciser l'âge des gisements. Il n'existe *aucune espèce d'habitat superficiel* dans ces gisements : les auteurs qui ont prétendu en avoir récolté ont, en réalité, mélangé la faune profonde en place et les échantillons de faune superficielle qui parsèment le terrain et proviennent, après transport par les pluies actuelles, du Tyrrhénien situé au-dessus. On voit donc qu'il n'y a, dans ces formations, aucun argument qui permette d'envisager une température des eaux différente de l'actuelle : il s'agit seulement de couches très profondes, qui se sont formées à une profondeur dépassant — 350 m.

Ce Pliocène (?) se termine par une croûte continentale, localement conservée.

B. LE TYRRHÉNIEN II. — Au-dessus de marnes jaunes décrites ci-dessus, viennent *en discordance* des sables fossilifères et un banc de galets. C'est cet ensemble qui constituait le type même de

l'étage « milazzien ». L'altitude atteint ici 55 m environ. De minuscules recherches nous ont permis, grâce à de gros blocs de Miocène éboulés ayant localement assuré la bonne conservation des éléments meubles, de retrouver la stratigraphie détaillée de cet ensemble.

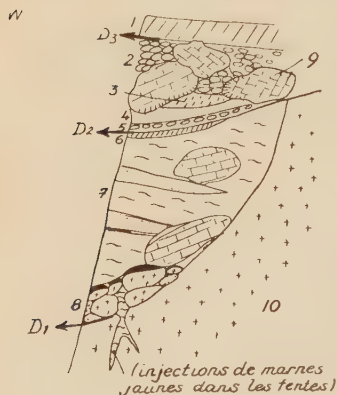


FIG. 3. — Coupe synthétique de Milazzo.

- 1 : terre brune volcanique ; 2 : cailloutis marins ; 3 : sable coquillier ; 4 : sable à éléments cristallins ; 5 : mince couche de galets (perforés par des clones) ; 6 à 8 : marnes jaunes (6 : croûte ; 7 : poches de marnes sableuses ; 8 : conglomérat de gneiss au fond des poches ; en noir : patine noire) ; 9 : Miocène, blocs de calcaires miocènes tombés (certains sont perforés par des Lithophages dans le Tyrrhénien) ; 10 : socle cristallin (gneiss).

a) A la base, un mince conglomérat (sur une épaisseur de 10-15 cm) avec des galets calcaires perforés par les Lithophages (littoral) et des éboulis anguleux (pied de falaise).

b) Des sables gris, à éléments gneissiques, très bien roulés, du type plage, parfois cimentés en bancs de grès durs, avec, à la partie supérieure, un banc de *Cytherea chione* et débris de coquilles.

c) Des sables jaunes, coquilliers (presque exclusivement formés de débris de coquilles) et très friables (c'est pourquoi ils ne sont conservés que sous les blocs miocènes éboulés). En quelques endroits cependant, ils sont consolidés et conservés sous forme de « panchina » fossilifère.

d) Le conglomérat de cailloutis marins, littoral ancien, avec une abondance de grands *Spondylus gaederopus*, *Astraliu rugosum*, *Mytilus galloprovincialis*, etc.

Au point de vue faunistique, il s'agit là d'un ensemble d'espèces à habitat superficiel dont les tests ont été rejetés à la grève. Mais il est extrêmement important d'y noter la présence d'espèces, telles *Patella ferruginea* et *Cypraea lurida*, qui étaient inconnues en Méditerranée avant la pénétration des espèces sénégalaises du Tyrrhénien II : ces formations ne peuvent donc être que contemporaines ou postérieures au Tyrrhénien II.

B. LA SÉRIE CONTINENTALE. — L'ensemble de la plateforme du cap Milazzo est recouverte de terres brunes formées de cendres volcaniques. J.-J. Blanc y a trouvé des éclats d'obsidienne taillée et des fragments de poteries, restes d'une industrie humaine attribuée au Néolithique.

C. CONCLUSIONS STRATIGRAPHIQUES SUR LA RÉGION DE MILAZZO.

— 1. L'âge exact des formations jaunes, attribuées tantôt au Plio-

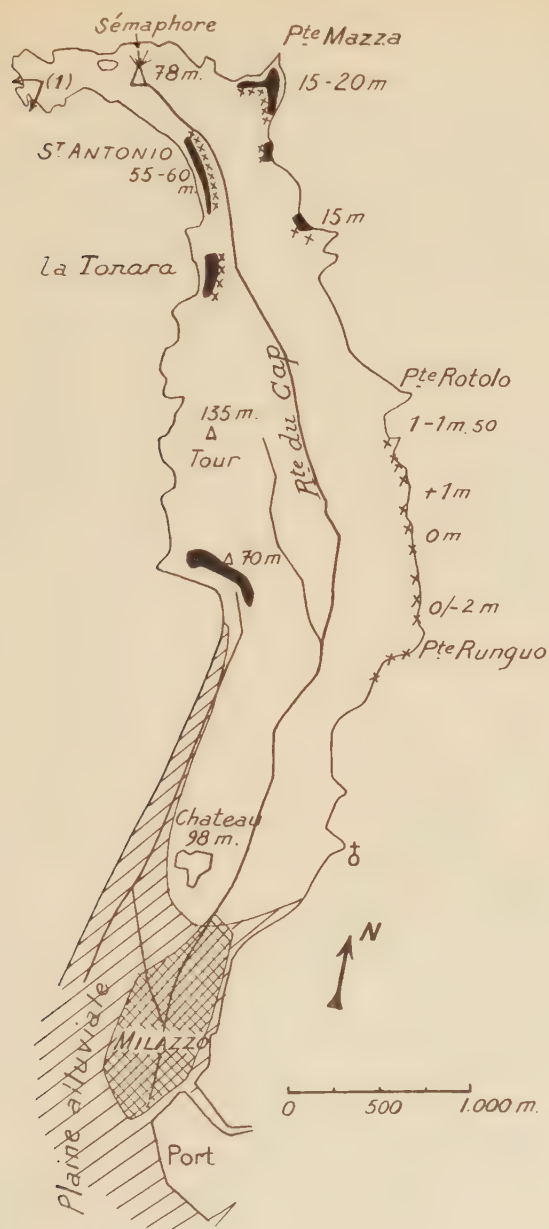


FIG. 4. — Carte du cap de Milazzo montrant la répartition des gisements et leurs cotes.

(1) : niveau marin soulevé à + 1 m; en noir : Pliocène ; x x x : cailloutis quaternaires.

cène, tantôt au Calabrien, n'a pu être précisé, mais, par contre, le caractère *très profond* de ces dépôts est indiscutable.

2. Une période d'émersion et d'érosion active a suivi le dépôt de ces formations jaunes, a détruit la partie supérieure des dépôts représentant les faciès moins profonds et littoraux, et n'a laissé subsister les dépôts profonds que dans des poches du substratum.

3. L'âge des dépôts marins quaternaires pour lesquels fut institué le terme de « Milazzien » est beaucoup plus récent qu'on ne l'admettait jusqu'ici (certains auteurs le considéraient même comme étant Calabrien). Nous avons précisé qu'il ne peut pas être antérieur au Tyrrhénien II. D'autre part, rien ne nous autorise à attribuer ces formations à une époque plus récente que le Tyrrhénien II, la rareté ou l'absence du Strombe et du grand Cône pouvant fort bien ne résulter que des conditions de milieu très particulières qui devaient régner autour des îlots formés par les actuels points culminants du cap Milazzo : pointements rocheux entourés de tous côtés par une grève de sable et de galets...

4. La période continentale marquée par le dépôt des cendres volcaniques et l'industrie néolithique termine la série.

Il est très intéressant de préciser l'extension et l'altitude du Tyrrhénien II tout autour du cap : il est à 55 m aux anses de la Tonnara et de Sant Antonio, on le retrouve à 15 m environ à la pointe Mazzo (NE du cap) où le Pliocène descend d'ailleurs à quelques mètres de la mer, on l'observe à 1 au 2 m seulement à la pointe Rotolo (plus au S), et enfin on le voit passer sous l'actuel niveau de la mer au S de la pointe Rugno. *Il est donc indiscutable qu'un mouvement tectonique de gauchissement d'ensemble du cap est la cause de ces différences d'altitude.*

Ce mouvement de gauchissement à ses deux axes, l'un NW-SE, l'autre NE-SW, avec soulèvement maximum au NW et plongement au SE. La topographie même du cap témoigne de ce gauchissement : la côte ouest est une falaise abrupte, tandis que la surface cultivée du cap (recouverte de terres volcaniques) descend en pente douce ou en gradins vers la mer au SE.

À la pointe nord-ouest du cap, sous le sémaphore, nous avons une preuve actuelle de ce soulèvement. Il existe en effet les traces de deux anciennes lignes de rivage superposées, l'une très effacée à 1,70 m, l'autre très fraîche à 0,60 m. Cette dernière montre une plateforme d'abrasion dans les fentes desquelles les Lithothamnées ont cimenté des fragments de poterie (romaine ?) qui témoignent que *le mouvement s'est poursuivi depuis les temps historiques.*

Nous voyons, une fois de plus, le peu de valeur qu'à la cote altimétrique d'un niveau marin, D'autre part, ceci nous montre bien

l'importance de la tectonique récente qui affecte couramment le Tyrrhénien II et dont les effets se poursuivent au cours des temps historiques mêmes.

Quant au terme de « Milazzien », il doit être définitivement abandonné : l'impossibilité de le définir stratigraphiquement et paléontologiquement avait déjà été admise (I.N.Q.U.A. 1953), et il se trouve maintenant que son gisement de la localité type peut être rattaché au Tyrrhénien II.

BIBLIOGRAPHIE

- GIGNOUX M. (1913). — Les formations marines pliocènes et quaternaires de l'Italie du Sud et de la Sicile. Thèse.
- MOLINIER R. et PICARD J. (1953). — Notes biologiques à propos d'un Voyage d'Étude sur les Côtes de Sicile. *Ann. Inst. océanogr.*, t. XXVIII.
- STEFANO G. DE (1901). — I Fossili e la Geologia di Capo Milazzo in Sicilia. *Atti Ac. Gioenia Sc. nat. Catania*, 4^e sér., vol. XIV.
- TONGIORGI E. et TREVISAN L. (1953). — Livret-Guide de l'Excursion en Sicile. IV^e Congrès de l'I. N. Q. U. A.
-

NOUVELLE RÉVISION DES GISEMENTS A DINOSAURIENS DE LA RÉGION DE SAINT-CHINIAN (HÉRAULT)

PAR **Albert F. de Lapparent** ¹.

PLANCHE XIV.

Sommaire. — Le gisement danien de Quarante a encore fourni six plaques dermiques et deux écussons d'un curieux Dinosaurien à armure *Struthiosaurus lugdunensis*. Un écusson du même a été récolté au gisement de Montouliers, en même temps qu'une portion de cubitus du Sauropode *Hypselosaurus priscus* et quelques os de l'Ornithopode *Rhabdodon priscus*.

Ch. Depéret ² avait autrefois reconnu dans les chaînons de Saint-Chinian d'intéressants gisements de Dinosauriens, que nous

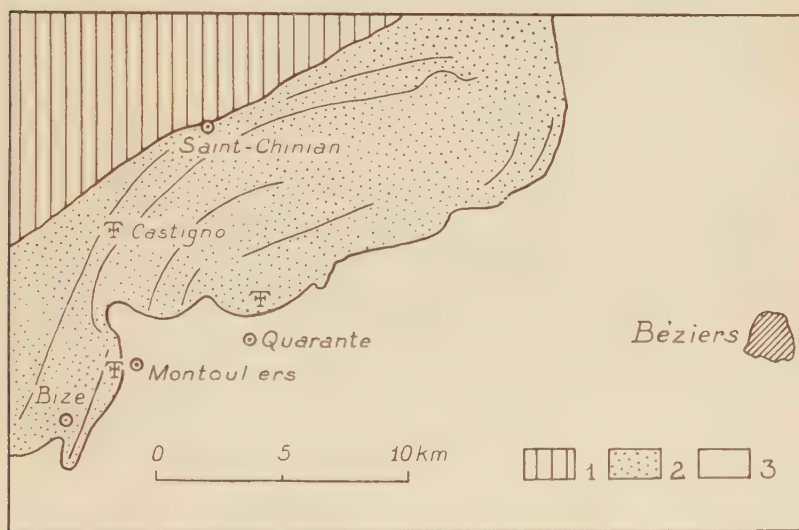


FIG. 1. — Schéma géologique de la région de Saint-Chinian (Hérault).

1 : terrains primaires de la Montagne Noire ; 2 : chaînons plissés de Saint-Chinian, avec indication des principaux axes tectoniques ; 3 : Miocène, Pliocène et Quaternaire de la plaine de Béziers. Les gisements de Dinosauriens sont au pied du signe T.

1. Note présentée à la séance du 14 juin 1954.

2. DEPÉRET C. (1900). Dinosauriens récemment découverts dans la région de Saint-Chinian. *B. S. G. F.* (3), XXVIII, p. 107 et 530.

avons nous-même revus en 1938¹. Tout récemment, nous avons eu l'occasion de les visiter à nouveau avec soin ; bien qu'ils soient pratiquement épuisés, trois d'entre eux : Quarante, Montouliers et Castigno, nous ont encore fourni quelques pièces dignes d'être mentionnées. La carte (fig. 1) situe géographiquement et géologiquement ces gisements.

Du point de vue stratigraphique, précisons que les « grès de Saint-Chinian » sont subordonnés au calcaire lacustre à *Cyclophorus* et *Bauxia*, que nous avons trouvé bien fossilifère à l'E de Castigno. Les « grès de Saint-Chinian » sont donc assimilables à la partie inférieure de l'étage rognacien ou danien, tel qu'il a été défini dans le bassin d'Aix-en-Provence.

Gisement de Quarante.

Les couches rouges du Danien apparaissent au N de Quarante, surmontées, avec une magnifique discordance, par le Miocène marin. A l'W de la route, au-dessus de l'actuel terrain de football, des bancs de conglomérats interstratifiés dans les argiles rouges ont livré une portion d'os long de Dinosaurien et quelques autres fragments d'os de Reptiles.

Le gisement fouillé par Depéret est situé à 40 m plus bas dans la série daniennne, à l'E de la route, au fond des ravins ; c'est dire que les restes de Vertébrés se rencontrent à divers niveaux dans les « grès de Saint-Chinian ». En 1953, nous y avons trouvé, en grand nombre, dans les argiles rouges, des coquilles d'Unionidés souvent enrobées dans un nodule calcaire : *Unio galloprovincialis* MATHERON, *U. bosquiana* MATHERON. L'abondance de ces formes dans l'Hérault est à noter et renforce les analogies avec le Crétacé supérieur de Provence. En même temps, nous avons récolté les pièces suivantes :

Titanosaurus indicus LYDEKKER : une vertèbre caudale de l'extrémité de la queue, longueur 3 cm, hauteur 1,5 cm. (pièce trouvée par Ph. Bory).

Rhabdodon priscum MATHERON : une vertèbre caudale antérieure, dont le diamètre du disque est de 5×5 cm.

Struthiosaurus lugdunensis NOPCSA : 6 plaques dermiques carénées du dos et de la queue, dont la dissymétrie plus ou moins accusée correspond à une position plus ou moins latérale. Quatre

1. LAPPARENT A. F. de (1938). Sur l'âge crétacé de tous les gisements à Dinosauriens du pied de la Montagne Noire. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 288.

d'entre elles sont de forme générale allongée. La plus grande mesure 10 cm de long sur 5,5 de large ; elle est légèrement dissymétrique (Pl. XIV, fig. 1) ; la face inférieure, lisse avec cependant de profonds sillons vasculaires, est notablement excavée.

Une seconde, plus fortement dissymétrique, mesure 7 cm de long sur 4 de large ; son sommet assez pointu est rejeté en arrière (Pl. XIV, fig. 2).

Les deux plus petites, quoique de même taille (6 cm de long), appartiennent chacune à un type différent du fait de leur mode d'attache : chez l'une (Pl. XIV, fig. 4), la partie inférieure est excavée, tandis que chez l'autre (Pl. XIV, fig. 3), d'ailleurs moins élargie et moins dissymétrique, la partie inférieure est plane.



FIG. 2. — Essai de reconstitution de *Struthiosaurus*, avec son armure osseuse et dans son milieu biologique. Longueur supposée de l'animal : 3 m. D'après Nopcsa. *Geol. hungarica*, 1929, pl. IV.

Deux autres plaques enfin sont de forme grossièrement circulaire, leur diamètre respectif étant 5 et 3,5 cm ; leur carène bien accusée est assez élevée (2 et 1,5 cm).

Ajoutons deux écussons aplatis : ils devaient appartenir à ces guirlandes d'os dermiques qui reliaient entre elles les grosses plaques nucales. Le premier, d'un diamètre de 5 cm, porte à peine

une amorce de tubercule (Pl. XIV, fig. 5). Le second, quadrangulaire et presque plan, mesure $3 \times 3,7$ cm (Pl. XIV, fig. 7).

La place exacte des plaques dermiques sur le cou, le dos, les flancs et la queue de l'animal ne peut être évidemment précisée lorsqu'elles sont trouvées éparses dans un gisement, comme c'est ici le cas. Pourtant, en se basant sur des portions de plaques et de guirlandes osseuses trouvées en connexion dans les couches de Gosau en Autriche pour une espèce voisine, *Struthiosaurus austriacus*, et en s'inspirant de quelques Stégosauriens d'Amérique remarquablement complets, Nopcsa a tenté une reconstitution de notre animal (fig. 2). Tout hypothétique qu'elle soit, elle a l'avantage de donner une idée, sans doute assez proche de la réalité, de l'aspect que pouvait présenter ce curieux Dinosaurien qui habitait, à la fin du Crétacé, sous un climat tropical humide, la région de l'actuel Languedoc.

Toutes les plaques se trouvaient en un même point, sauf une entraînée à quelques mètres dans le fond du ravin. Il est donc probable qu'elles appartiennent au même individu que les 27 plaques déjà récoltées en ce lieu par Depéret et qui se trouvent conservées à la Faculté des Sciences de Lyon. Depuis cinquante ans, l'érosion, active dans ces ravins argileux, a donc fait apparaître ces nouvelles pièces.

Des plaques de Tortues assez fréquentes et une plaque dermique de Crocodile ont encore été récoltées par nous à Quarante.

Gisement de Montouliers.

Les ravins d'argile rouge situés au S de la route de Montouliers à Bize contiennent encore des fragments épars d'os de Reptiles, parmi lesquels nous pouvons signaler :

Hypselosaurus priscus MATHERON : une extrémité proximale de cubitus droit, d'une largeur maximum de 16 cm, conservée sur 14 cm de long, et un fragment de grosse côte large de 6,5 cm manifestent la présence de ce Sauropode déjà de belle taille.

Rhabdodon priscum MATHERON se signale par un fragment d'os long et des portions de côtes.

De *Struthiosaurus lugdunensis* NOPCSA nous avons trouvé un écusson de la région nucale (Pl. XIV, fig. 6), de forme à peu près carrée (4×4 cm), et deux fragments osseux qui se rapportent probablement à des plaques dermiques de cet animal. Or il n'avait été signalé jusqu'ici que du gisement de Quarante exclusivement.

Enfin, des plaques de Tortues assez grandes, probablement *Elochelys major* NOPCSA, sont fréquentes à Montouliers.

Gisement de Castigno.

Ce gisement ne livre plus de pièces importantes. Notons seulement une portion d'os long de 20 cm, des plaques de Tortues et des fragments de coquilles d'œufs de Sauropode. Ces derniers objets sont rares dans le monde; les seuls autres gisements d'âge danien sont ceux de Provence, surtout Velaux (Bouches-du-Rhône) et Fox-Amphoux (Var), et celui du Montana aux États-Unis ¹.

Conclusion.

La rareté des gisements de Dinosauriens en France et l'intérêt de ces formes du Danien, qui furent les ultimes représentants de ce groupe de Reptiles avant leur extinction complète, nous ont incité à décrire encore ces quelques pièces; elles s'ajoutent aux listes publiées antérieurement ².

On retiendra comme plus importante la découverte de neuf plaques osseuses nouvelles du curieux Dinosaurien à armure *Struthiosaurus lugdunensis*. On pourra, en effet, rappeler à cette occasion que l'on ne connaît en France, bien imparfaitement d'ailleurs, que trois représentants des Stégosauroïdes :

dans le Jurassique supérieur du cap de la Hève, près du Havre, *Omosaurus lennieri* NOPCSA de la famille des Stégosauroïdes : 14 vertèbres cervicales et dorsales, un sacrum, des portions de bassin et un fémur ;

dans le Crétacé inférieur de Grandpré (Ardennes), *Hylaeosaurus armatus* MANTELL, de la famille des Acanthopholidés : un petit écusson ;

dans le Crétacé supérieur de Quarante et aussi de Montouliers (Hérault), *Struthiosaurus lugdunensis* NOPCSA, de la même famille : 9 vertèbres, 36 plaques et écussons dermiques.

LÉGENDE DE LA PLANCHE XIV

Struthiosaurus lugdunensis NOPCSA. Gisements de Quarante et Montouliers (Hérault).
FIG. 1 à 4 : plaques dermiques. FIG. 5 à 7 : écussons. Gr. nat.

1. JEPSEN G. L. (1931). Dinosaur shell fragments from Montana. *Science*, vol. LXXIII, p. 12.

2. LAPPARENT A. F. de (1947). Les Dinosauriens du Crétacé supérieur du Midi de la France. *Mém. Soc. géol. France*, n° 56, nouv. sér., t. XXVI.

SUR LA PRÉSENCE DU MIOCÈNE A MIOGYPSINES DANS LES MONTS DE LA HAUTE MEDJERDA

PAR **Louis David** ET **Jacques Flandrin** ¹.

PLANCHE XV.

Sommaire. — Jusqu'à présent les Miogypsines n'avaient pas été signalées en Algérie orientale bien que fort abondantes dans les niveaux miocènes du Maroc et présentes en Oranie. Au cours d'explorations géologiques dans les monts de la Haute Medjerda, l'un de nous (L. D.) a repéré plusieurs affleurements de terrains miocènes marins entre Guelma et Souk-Ahras, dans la région du Nador n'Bails et du Dj. Zouara. L'étude de la faune recueillie (J. F.) a montré l'extrême abondance des Miogypsines accompagnant d'autres Foraminifères.

Le Dj. Zouara est un synclinal perché d'Éocène marin situé à 25 km au S E de Guelma, au S du massif du Nador n'Bails, sur la carte géologique de Gounod-la Mahouna [Dareste, 1909]. Son grand axe est SW-NE. Une excellente coupe stratigraphique est visible sur le flanc nord de la montagne, le long du Chabet Aïne Gourbich. Entre l'Oued el Hammam au N et la crête du Dj. Zouara au S, on relève de bas en haut (fig. 1) :

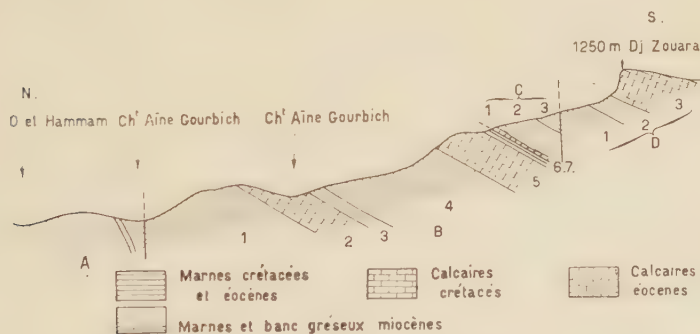


FIG. 1. — Coupe du flanc nord du Dj. Zouara le long du Chabet Aïne Gourbich.
Ech. : 1/25 000^e.

A. Alternance de niveaux marneux et de bancs de grès glauconieux et ferrugineux, bien visibles sur la rive gauche du Chabet Aïne Gourbich.

1. Note présentée à la séance du 14 juin 1954.

B. Ensemble de marnes bleutées et de marno-calcaires blanchâtres comprenant :

1. marnes gris bleu avec rares intercalations de marno-calcaires gris à patine jaunâtre 250 m
2. marno-calcaires gris clair et calcaires crayeux blancs ; quelques bancs encore marneux à la base..... 100 m
3. alternance de niveaux de marnes bleutées (0,50 à 2 m) et de bancs de marno-calcaires gris à patine jaune (0,20 à 0,50 m) ; très nombreux *Inoceramus regularis* D'ORB., quelques Ourisins, Térébratules et Ammonites. 40 m
4. marnes gris bleu coupées de bancs marno-calcaires au sommet..... 250 à 300 m
5. calcaires crayeux blancs en gros bancs..... 120 à 130 m
6. marnes gris bleu avec nombreux bancs de marno-calcaires... 15 à 20 m
7. non visible : sans doute marnes grises..... 3 à 5 m

C. Marnes brunes et grès comprenant :

1. un banc de grès gris bleuté, jaune verdâtre par altération, tendre, calcaireux ; débris de coquilles d'Huîtres et nombreux Foraminifères 0,20 à 0,30 m
2. marnes beiges, claires, fortement argileuses, coupées de filonnets de calcite..... 80 à 100 m
3. non visible, mais terre d'altération brune identique à celle provenant de 2 et nombreux blocs de grès semblables au banc 1. 20 à 25 m

D. Falaise constituée par :

1. marnes sableuses noires devenant de plus en plus calcaires et mieux litées..... 30 à 50 m
2. calcaire gris noir, un peu siliceux, avec quelques chailles, d'abord en petits bancs puis en gros bancs..... 30 m
3. masse de calcaires noirs, siliceux et bitumineux couronnant la falaise.

AGE DES TERRAINS. — 1^o La subdivision A correspond à un Miocène marin (= Cartennien) typique pour la région considérée.

2^o Une faille le sépare de la série sénonienne B où la macrofaune est rare et peu déterminable mais où la microfaune abondante permet de reconnaître une série continue du Santonien au Maestrichtien ¹.

Les marnes B (niveaux 1-2) ont livré de nombreux Foraminifères :

Globotruncana linnei (D'ORB.),
Gl. fornicata PLUM.,

Gl. angusticarinata GAND.,
Gl. stuarti (LAPP.),

1. Nous sommes heureux de remercier ici J. Magné qui a bien voulu examiner les échantillons recueillis dans les niveaux marneux et auquel nous devons les déterminations utilisées dans cette note.

<i>Gl. globigerinoides</i> PARK. et JONES,	<i>Gaudryina</i> sp.,
<i>Gl. arca</i> CUSHM.,	<i>Clavulinoides</i> sp.,
<i>Gümbelina</i> sp.,	<i>Gyroidina</i> sp.,
<i>Ventilabrella</i> sp.,	<i>Cibicides</i> sp., ...

Ces fossiles indiquent un âge santonien avec passage au Campanien pour les niveaux supérieurs.

Provenant des marnes B (niveau 4) nous citerons :

<i>Globotruncana stuarti</i> (LAPP.),	<i>Gl. fornicata</i> PLUM.,
<i>Gl. arca</i> CUSHM.,	<i>Gümbelina</i> cf. <i>costulata</i> CUSHM.,
<i>Gl. calcarata</i> CUSHM.,	<i>Globigerinella</i> sp.,
<i>Gl. conica</i> WHITE,	<i>Fronicularia deflaensis</i> SIGAL,
<i>Gl. cf. contusa</i> CUSHM.,	<i>Gyroidina</i> sp.,
<i>Gl. linnei</i> (D'ORB.),	<i>Cibicides</i> sp.

Ces Foraminifères caractérisent le Campanien supérieur, la barre calcaire inférieure étant du Campanien moyen

Enfin le sommet de la série B (niveau 6) renferme :

<i>Globotruncana stuarti</i> (LAPP.),	<i>Gümbelina</i> sp.,
<i>Gl. fornicata</i> PLUM.,	<i>Cibicides</i> sp.,
<i>Gümbelina</i> cf. <i>costulata</i> CUSHM.,	<i>Bolivina incrassata</i> REUSS.
<i>G. globulosa</i> (EHR.),	

Ces espèces caractérisent le Maestrichtien.

3° Après cette série sénonienne, vient en accordance le banc gréseux C 1 qui a fourni une quantité considérable de *Miogypsina mediterranea* BRÖNN., représentées par des formes B et A. Les dimensions des premières atteignent près de 5 mm ; celles des formes mégasphériques varient de 1,4 à 2,75 mm. Dans ces dernières, le diamètre maximum des deux loges embryonnaires principales est compris entre 0,32 et 0,42 mm. Ces différentes dimensions sont légèrement inférieures à celles des Miogypsines marocaines dont P. Brönnimann [1940] a fait le type de *M. mediterranea* et de sa variété *excentrica*, mais la forme de l'appareil embryonnaire conduit toutefois à rapporter à cette espèce les exemplaires du Dj. Zouara ¹.

Outre les Miogypsines, le même banc gréseux a fourni de nombreux autres Foraminifères, déterminés par M. Bourdon.

<i>Textularia</i> sp.,	<i>Globigerina</i> sp.,
<i>Robulus</i> cf. <i>inornatus</i> (D'ORB.),	<i>Gyroidina</i> cf. <i>soldani</i> D'ORB.,
<i>R. sp.</i> ,	<i>Cibicides lobatulus</i> (WALK. et JAC.),
<i>Nonion</i> cf. <i>commune</i> (D'ORB.),	<i>C. cf. aknerii</i> (D'ORB.),
<i>Elphidium crispum</i> (L.),	<i>C. sp.</i> ,
<i>Rotalia beccarii</i> (L.),	<i>Amphistegina</i> cf. <i>lessoni</i> D'ORB.

1. Résultats qu'a bien voulu confirmer C. W. Drooger.

19 janvier 1955.

Bull. Soc. Géol. Fr. (6), IV. — 27

Quant aux marnes beiges sus-jacentes (C 2) elles ont livré aussi une abondante microfaune où J. Magné a reconnu :

Nonionella cf. *cheylani*,
Rotalia beccarii (L.),
Globigerinoides triloba (REUSS),
Gl. sacculifera (BRADY),
Globigerina bulloides D'ORB.,

Spiroplectammina carinata (D'ORB.),
Cibicides cf. *dutemplei* (D'ORB.),
Robulus cf. *inornatus* (D'ORB.),
Rectuwigerina sp.

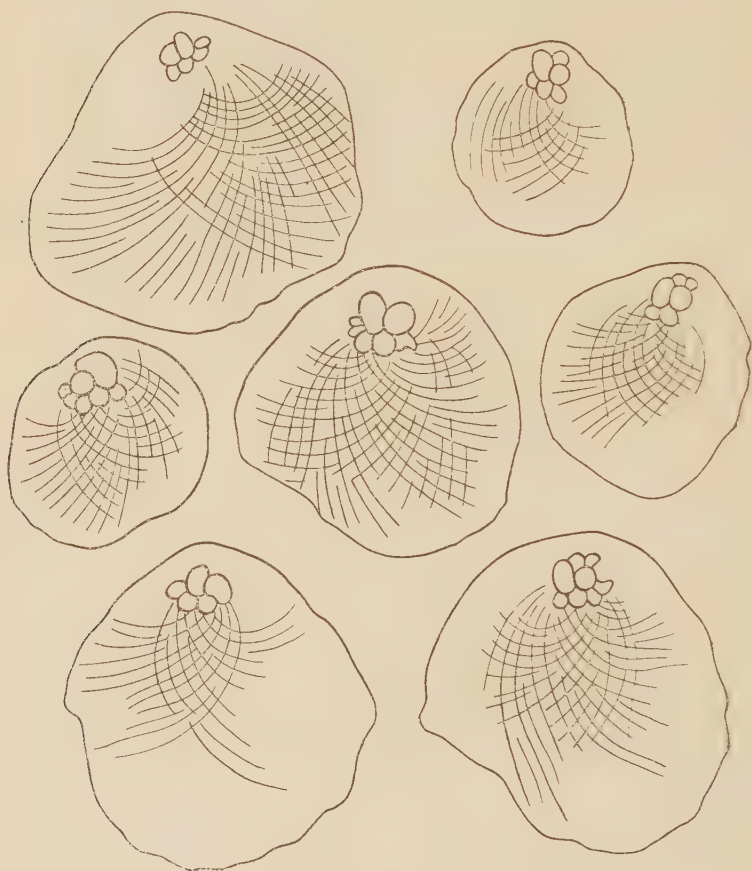


FIG. 2. — *Miogypsina mediterranea* BRÖNNIMANN.
 Formes A, sections équatoriales. $\times 20$.

L'âge de ces assises C est indubitablement miocène. *Miogypsina mediterranea* BRÖNN. est connue avant tout de l'Helvétien et la microfaune des marnes serait, d'après J. Magné, du Miocène moyen ou du sommet du Burdigalien.

4° Après une nouvelle faille, la coupe se termine par les niveaux D qui, par leur faciès et leur faune, sont classés dans l'Éocène inférieur. A la base, les échantillons prélevés dans les marnes noires ont livré une nombreuse microfaune paléocène comprenant notamment :

<i>Globigerina pseudobulloides</i> PLUM.,	<i>Gl. wilcoxensis</i> var. <i>acuta</i> TOULMIN,
<i>Gl. triloculinoides</i> PLUM.,	<i>Vaginulinopsis longiforma</i> (PLUM.),
<i>Gl. eocænica</i> GUMB.,	<i>Lenticulina</i> sp.,
<i>Gl. cf. soldadoensis</i> ,	<i>Valvulineria</i> sp.,
<i>Globorotalia</i> cf. <i>crassata</i> var. <i>aequa</i>	<i>Bifarina</i> sp.,
CUSHM. et RENZ,	Ostracodes.

Au sommet, sur le plateau, on retrouve quelques rares fossiles silicifiés (*Mesalia* sp.) de l'Yprésien.

REMARQUES STRATIGRAPHIQUES ET TECTONIQUES. — J. Dareste de la Chavanne [1910, p. 108-109 et 134-135] avait donné déjà deux coupes du flanc nord du Dj. Zouara : celle du Sénonien de la Mechta Aïne Gourbich est trop sommaire et ne révèle qu'une seule des barres calcaires ; celle de la falaise éocène montre une continuité de sédimentation entre Crétacé et Tertiaire ¹.

A la décharge de cet auteur on remarquera que la coupe ci-dessus paraît de prime abord stratigraphiquement continue. Le pendage dirigé S 20° E a sensiblement la même valeur pour toutes les assises : environ 30°. Seule la paléontologie a permis de reconnaître une discontinuité entre le Sénonien et l'Éocène. Au point de vue tectonique, on en conclura qu'une fracture longe le pied de la falaise yprésienne septentrionale du Dj. Zouara en direction SW-NE, semblable à celle qui suit la vallée de l'O. el Hammam plus au N. Cet accident se rattache au système des grandes failles d'effondrement post-cartenniennes et post-pliocènes que l'un de nous (L. D.) a mises en évidence, immédiatement au N, dans le bassin du Nador n'Baïls [David et Jodot, 1954].

1. La carte géologique publiée par cet auteur [Dareste, 1909] ne correspond ni aux coupes données par lui, ni à la réalité ; d'après cette carte, un lambeau de calcaires à *Nummulites planulatus* reviendrait sous la falaise nord du Dj. Zouara par contact anormal ; or, ainsi placé, il correspond aux affleurements de Maestrichtien et de Miocène décrits ici.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

- BRÖNNIMANN P. (1940). — Ueber die tertiären Orbitoiden und Miogypsinen von Nordwest Marokko. *Schweiz. Paleont. Abh.*, Bd 63, p. 1-113, 37 fig., pl. I-II.
- DARESTE DE LA CHAVANNE J. — (1909) Carte au 50 000^e de « La Mahouna », n° 76, Alger, Serv. Carte géol. Algérie.
- (1910). — La région de Guelma. Étude spéciale des terrains tertiaires. Thèse Sc. Lyon et *Bull. Serv. Carte géol. Algérie*, {2}, n° 5, 256 p., 20 fig., 5 pl.
- DAVID L. et JODOT P. (1954). — Le Bassin mio-pliocène du Nador n'Baïls entre Guelma et Souk-Ahras (Constantine). *Bull. Serv. Carte géol. Algérie*, sous presse.

LÉGENDE DE LA PLANCHE XV

Miogypsina mediterranea BRÖNNIMANN. × 20.

FIG. 1. — Forme B, section équatoriale.

FIG. 2 à 9. — Formes A. 2 et 4 à 9 : sections équatoriales, 3 surface.

SUR L'ÂGE DE L'ANKARATRITE DE ROUGIERS (VAR) ET SES RELATIONS AVEC LE TRIAS ENVIRONNANT

PAR Simone Gueirard ¹.

Sommaire. — Le Trias des environs de Rougiers, plissé et cassé, est recouvert localement par un affleurement d'ankaratrite. L'étude détaillée de cette région, montre que la lave est montée au travers du socle triasique à la faveur de la prolongation d'une faille qui affecte l'extrémité orientale du massif de la Sainte-Baume.

L'âge de l'accident, et par suite celui de l'ankaratrite, doivent être rapportés au Nummulitique.

Introduction.

Le Trias de la région de Rougiers est traversé par une lave néphélinique (ankaratrite) qui occupe à 1 km environ au NW de Rougiers la butte dite « le Poulagnier » (cote 431,8).

L'existence de cette lave est connue depuis longtemps [Michel-Lévy et Collot, 1889], mais jusqu'alors son âge est resté assez imprécis.

Nous nous proposons dans cette étude de montrer : que l'ankaratrite est tertiaire et qu'elle a été précédée, dans cette région, par un volcanisme triasique.

I. — Étude stratigraphique des environs de Rougiers.

TRIAS. — C'est au *Muschelkalk* qu'il faut rapporter la totalité des affleurements du Trias de la région de Rougiers.

Le *Muschelkalk* inférieur, avec ses calcaires jaunâtres en surface et gris à la cassure est très peu représenté. On ne le trouve qu'en quelques points (en particulier, au N et au NE de la ferme « la Lazarole »).

Le *Muschelkalk* moyen, par contre, est très développé. Il possède les divers faciès classiques de l'étage : on le rencontre principalement à l'état de calcaires dolomitiques, grisâtres en surface et noir de fer à la cassure, en bancs épais, séparés par des horizons de calcaires en plaquettes. Ces niveaux sont très riches en faune ; la lumachelle à *Coenothyris vulgaris* est fréquente, ainsi que les débris de Crinoïdes, associés aux autres fossiles caractéristiques, *Lima striata*, *Hoernesia socialis*, Avicules, dents de Poissons. Les calcaires dolomitiques passent souvent à l'état de cargneules, ou se chargent en magnésie donnant des dolomies pures, fétides. Enfin, les calcaires vermiculés, en gros bancs, ne sont pas rares.

1. Note présentée à la séance du 21 juin 1954.

Le Muschelkalk se complète localement par une formation analogue à celle de la Lettenkohle de Lorraine [Corroy, 1928]. Elle se présente avec les faciès suivants, que l'on trouve rarement associés :

- a) des *marnes feuilletées bariolées*, rouges et vertes, plus ou moins dolomitiques ;
- b) une *lumachelle* pétrie de débris de Lamellibranches et principalement de petites Huitres ;
- c) des *calcaires dolomitiques*, jaune ocre, sableux, généralement azoïques, excepté sur le versant ouest du Poulagnier et à Valbelle, près Tourves. La faune en a été décrite par Repelin en 1899, qui la rapporte au Muschelkalk supérieur à Cératites.

C'est dans ces gisements fossilifères que cet auteur signale la présence des nodules de lave, de taille variable, qu'il identifie aux pépérites de Limagne. Nous reviendrons sur ce point.

L'individualité bien marquée de ces trois horizons du Muschelkalk va nous permettre de comprendre plus aisément la tectonique du Trias de Rougiers.

JURASSIQUE. — L'*Infra-Lias* est absent pour des raisons d'ordre tectonique.

Le *Lias* peut être observé sur le flanc nord du Jas de Ribier. Ce sont des calcaires roux à silex, souvent gréseux et glauconieux. La faune, *Terebratula punctata*, *Pectens*, *Bélemnites*, est celle du Domérien.

Le *Dogger*, avec ses calcaires marneux et grumeleux, ses marnes feuilletées gris bleuâtre, forme une série peu fossilifère dans la région qui nous intéresse ; quelques fragments d'*Ammonites* indéterminables et des traces de *Cancellophycus* ont été observés.

Le *Jurassique supérieur* est représenté principalement par des calcaires café-au-lait, sublithographiques, en bancs compacts et épais, mais pratiquement azoïques. Pour tout fossile, il a été trouvé, sur le flanc est du Piégu, quelques tiges de *Crinoïdes* (cote 413,2). A la suite de G. Corroy [1939], nous rapporterons cet horizon au Séquanien. Des lentilles dolomitiques, parfois assez volumineuses, se rencontrent à divers niveaux du Séquanien du Piégu.

Les calcaires sublithographiques sont surmontés par une épaisse série de dolomies grises, très cristallines, homogènes et azoïques. Elles couronnent la colline du Piégu et les sommets voisins et terminent ici la série stratigraphique du Jurassique.

CRÉTACÉ. — Seul le Crétacé supérieur est représenté dans les limites de notre lever. Il occupe principalement le synclinal de Bastide Blanche.

Le *Santonien* apparaît au S du Jas de Ribier avec des calcaires grumeleux grisâtres à Hippurites.

Le *Campanien* est très bien représenté ; c'est l'horizon saumâtre typique de la « zone du Plan d'Aups », avec ses calcaires marneux gris et noirâtres, très riches en Corbicules, Mélanies, et intercalations de bancs ligniteux (anciennes exploitations de Bastide Blanche).

Le *Maestrichtien* complète cette série lagunaire par des faciès détritiques continentaux. Il est, en effet, constitué par des alternances de galets, sables et argiles, témoignant d'une intense érosion à cette époque. Il recouvre un certain nombre de buttes crétacée supérieur des environs de Bastide Blanche, et transgresse le Trias de Rougiers, le maximum de la transgression vers l'E se situant au SW de la ferme « la Sorbière ».

Quelques témoins de *terrasses quaternaires* viennent enfin couronner ces diverses formations.

II. — Étude de l'affleurement d'ankaratrite.

La butte du Poulagnier est recouverte de cultures (vignes principalement) sur la totalité des flancs sud et est. Le versant nord, plus humide, est occupé par du taillis ; par suite, l'observation de la lave *in situ* est souvent chose impossible.

Néanmoins, les blocs enlevés des champs et utilisés, *sur place*, à la construction des murettes ou « bancaous » qui retiennent les cultures, fournissent avec les affleurements des flancs ouest et nord-ouest, ainsi que celui du sommet, des indications intéressantes sur la mise en place de la roche éruptive.

HISTORIQUE. — L'étude minéralogique de la lave de Rougiers a été faite par Michel Lévy et Collot en 1889. Ces auteurs établissent — pour la première fois — que, dans cette roche connue depuis longtemps et qui jusqu'alors avait passé pour un basalte, le microscope révèle la présence de « néphéline à l'exclusion de tout feldspath ».

Il est actuellement impossible de retrouver les phénomènes de pénétration de la lave et du calcaire décrits dans cette note, ainsi que les tufs signalés, cependant, comme très abondants. Les jeux de l'érosion, joints à la végétation en sont sans doute la cause.

Repelin, en 1899, attire l'attention sur les particularités de gisement de la roche éruptive au sein des calcaires triasiques, ainsi que sur la présence, dans les calcaires, de nodules de la dite roche éruptive.

A. Lacroix, en 1928, fait mention de l'ankaratrite de Rougiers à propos des « pegmatitoïdes des roches volcaniques à faciès basaltique ». Il attribue la genèse de telles roches « à l'influence d'agents volatils concentrés, avec d'autres composés chimiques dans le dernier résidu non consolidé du magma, ce qui

a donné lieu à une fluidité plus grande, expliquant sa cristallinité accrue par rapport à la lave conjointe ».

A titre de comparaison, il indique les résultats de quelques analyses chimiques ; en ce qui concerne Rougiers, les paramètres sont les suivants : pegmatitoïde : III (8.2.4) (2.2. (2) 3.2) ; ankaratrite : IV (8.2.4) (2.3.2.2).

Enfin, la 2^e édition de la feuille Aix au 80 000^e mentionne la composition minéralogique de la « néphélinite », sans aucune indication relative à son âge.

ÉTUDE PÉTROGRAPHIQUE. — A) *Ankaratrite de la butte du Poulagnier*. La roche de couleur gris sombre, plus ou moins verdâtre,

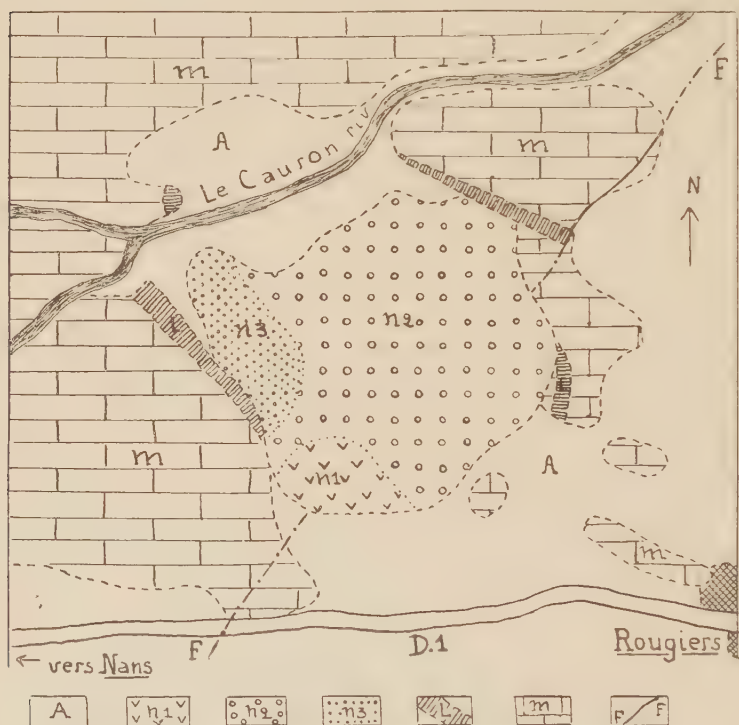


FIG. 1. — Schéma donnant la répartition des divers types de structures de l'ankaratrite du Poulagnier à Rougiers (Var). Éch. approximative : 1/10.000^e.

A : éluvions et alluvions ; n1 : ankaratrite, type pegmatitoïde ; n2 : ankaratrite, type ophitique ; n3 : ankaratrite, type fluidal ; L : Lettenkohle ; m : Muschelkalk ; FF : faille du Piégu-Poulagnier.

révèle, à un simple examen macroscopique sur le terrain, 3 types de structures (fig. 1) :

— un type franchement grenu, piqué de blanc, dont le grain est de l'ordre du millimètre, qui occupe la partie sud de l'affleurement ;

— un type finement cristallin, de couleur noire sur les échantillons frais, où l'on distingue, à l'œil nu, de gros cristaux d'olivine, pouvant atteindre le centimètre et quelquefois plus. Cette roche, très dure, est la plus répandue.

— un type très peu cristallin, toujours très altéré, et de couleur vert-bouille, où les cristaux d'olivine, reconnaissables à leurs contours cristallographiques, prennent une couleur rouge brique par altération. L'extension de ce type est limitée à la région occidentale de l'affleurement de la lave.

L'altération est souvent très poussée, et l'on peut suivre, dans le ruisseau qui longe la colline du Poulagnier sur son bord occidental, tous les degrés de transformation entre l'ankaratrite elle-même et une wake verdâtre, très friable, lardée d'un réseau de filonnets de calcite secondaire.

L'examen au microscope ne fait que confirmer la distinction entre les 3 types précédents :

La composition minéralogique détaillée de la lave a été donnée par Michel-Lévy et Collot. Nous la rappelons brièvement :

néphéline	apatite
augite	sodalite
augite aegyrinique	serpentine verte
olivine	iddingsite
magnétite	mésotype
calcite (dans les types altérés)	

Quant à la répartition de ces minéraux, elle est variable avec chaque type de structure :

— Dans le type *grenu* — la « pegmatitoïde » de Lacroix (fig. 2 A) — la néphéline, largement cristallisée constitue le fond même de la roche. Les cristaux juxtaposés ont chacun leur orientation propre ; ils sont souvent altérés, et les clivages sont soulignés soit par des cristaux de pholérite, soit par du mésotype.

Les autres minéraux : olivine, magnétite, apatite, sodalite, sont noyés dans un enchevêtrement de baguettes d'augite, brun violacé — quelquefois aegyrinique sur la bordure des cristaux en contact avec la néphéline ; ils forment des amas, à structure ophitique, plus ou moins volumineux qui se détachent sur le fond néphélinique.

— Les échantillons de type *finement cristallin* (fig. 2 B) se montrent au microscope entièrement constitués par des cristaux d'augite 5 à 6 fois plus longs que larges ; la néphéline si abondante dans la pegmatitoïde n'occupe, ici, que quelques vides intersertaux laissés par les cristaux de pyroxène. Par contre, l'olivine surtout et la magnétite deviennent très abondants, soit à l'état de phénocristaux de premier temps, idiomorphes, à bords souvent corrodés et à extinctions onduleuses — attribuées à des macles par A. Lacroix [1897] — soit encore en cristaux plus petits, contemporains du pyroxène auquel ils sont étroitement mêlés.

Parmi les minéraux accessoires, nous trouvons encore l'apatite et la sodalite ; l'olivine est altérée tantôt en iddingsite, tantôt en serpentine verte ; la néphéline a ses clivages renforcés par les aiguilles de mésotype.

Cette structure « ophitique » peut être plus ou moins fine suivant les échantillons.

— Quant au type *très peu cristallin*, sa structure au microscope témoigne d'une certaine fluidalité de la lave (fig. 2 C) Dans les échantillons les plus frais, l'olivine, encore reconnaissable malgré l'altération en serpentine, se rencontre en phénocristaux ; les microlites d'augite réduits souvent à l'état de fines aiguilles, ont une disposition grossièrement parallèle entre elles et à l'olivine ;

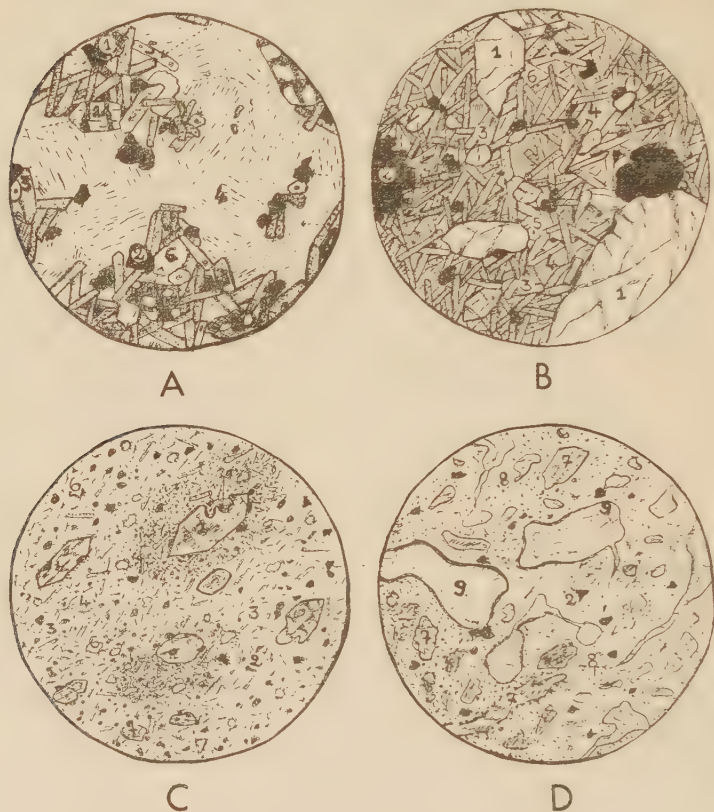


FIG. 2. — Micrographies relatives à l'ankaratrite de Rougiers.

A : P. M. n° 8, ankaratrite, type pegmatitoïde, $\times 36$, L. P.

B : P. M. n° 3, ankaratrite, type ophitique, $\times 36$, L. N.

C : P. M. n° 12, ankaratrite, type fluidal, $\times 36$, L. N.

D : P. M. n° 10, ankaratrite altérée, $\times 36$, L. N.

1. olivine ; 2. magnétite ; 3. augite ; 4. néphéline ; 5. apatite ; 6. sodalite ; 7. serpentine ; 8. mésotype ; 9. calcite.

la néphéline fraîche et la sodalite sont rares ; la magnétite, en menus grains, est très abondante. La densité de ces derniers augmente localement donnant des nuages plus sombres sur le fond de la roche d'allure fibreuse, constitué par un enchevêtrement d'aiguilles de mésotype (?), qui, ici, remplace le verre totalement absent.

Lorsque l'altération est importante, il est très difficile de reconnaître les minéraux de la roche originelle. La serpentine, le mésotype, joints à la calcite qui remplit les fentes et cavités de la wake, sont les seuls minéraux identifiables (fig. 2 D).

L'examen du schéma, donnant la répartition des divers types de structures (fig. 1), montre la localisation de la pegmatitoïde sur le trajet de la faille du Piégu-Poulagnier, dans sa portion sud-ouest, ce qui peut expliquer ce faciès, que l'on ne retrouve en aucun point. La lave la moins cristalline se situe sur le flanc ouest et sud-ouest du Poulagnier ; une topographie irrégulière sur ce versant du volcan a, sans doute, réduit localement l'épaisseur de la coulée. Partout ailleurs, c'est la structure ophitique que l'on retrouve, mais elle est de grain plus fin au sommet sur le flanc nord, que sur les pentes sud et est.

La butte du Poulagnier n'est donc pas une cheminée volcanique, mais un affleurement de lave épanchée ; l'hétérogénéité dans la texture semble liée, d'une part à la présence de fluides issus de la faille, et d'autre part aux irrégularités d'une topographie pré-existante.

B) *Conglomérat à galets de lave dans le Muschelkalk.* La corniche triasique qui surplombe l'ankaratrite sur le flanc sud-ouest du Poulagnier, présente un faciès spécial :

Sur un coupe verticale de 3 m (fig. 3), on observe successivement de la base au sommet de l'escarpement :

— au-dessus de marnes dolomitiques lie-de-vin, avec menus fragments aplatis de lave,

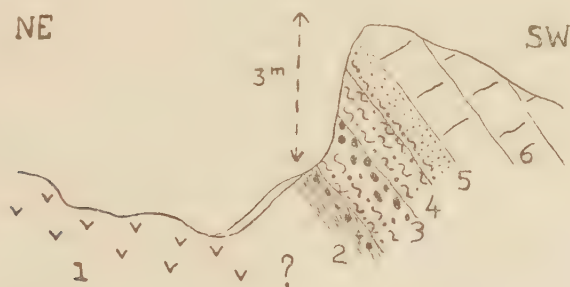


Fig. 3. — Coupe schématique de la formation à galets de lave.

1 : ankaratrite, type fluidal ; 2 : marnes dolomitiques lie-de-vin, contenant des grains de lave à la partie supérieure de l'affleurement ; 3 : calcaires rosés, fossilifères à nodules de lave et galets de dolomie, se terminant par un niveau azoïque ; 4 : calcaires blancs, pétris de débris d'organismes et de petits granules de lave ; 5 : calcaires ocrés, dolomitiques à grain fin, azoïques, surtout à la partie supérieure de l'affleurement ; 6 : calcaires dolomitiques et cargneules du Muschelkalk moyen.

— une zone (0,75 m) qui débute par une lumachelle à fossiles souvent intacts, nodules de lave de couleur violacée ou brun verdâtre, plus ou moins ovoïdes — dont certains atteignent plusieurs centimètres de diamètre — et quelques rares galets de dolomie. À la partie supérieure, ce banc devient azoïque et les grains de lave sont alors enrobés dans une matrice calcaréo-dolomitique jaune violacé.

— sur 1,25 m, les mêmes éléments continuent à coexister ; le calcaire blanc ocré est pétri de débris d'organismes et les grains de lave deviennent de plus en plus petits, jusqu'à la grosseur d'une tête d'épingle ;

— au-dessus, on passe à un calcaire dolomitique beige, à grain fin.

Cette formation s'observe localement sur une distance horizontale de 60 m environ, autant que la végétation et les éboulis permettent de le voir ; elle semble finir en lentille à ses deux extrémités.

Elle avait été observée par Repelin, qui n'avait pas manqué de l'assimiler aux pépérites de Limagne ; sa situation au voisinage de l'ankaratrite pouvait justifier ce rapprochement. Il avait signalé également 2 gisements de faciès analogues, toujours dans le Trias, l'un à Valbelle près Tourves, et l'autre sur la route de Tourves à Bras.

Plusieurs plaques minces effectuées, tant dans le calcaire à galets et globules de lave que dans la lave elle-même, ont montré qu'il ne s'agit nullement de pépérites d'ankaratrite.

« Les grains de cette lave — qui n'a rien de commun avec l'ankaratrite — sont nettement roulés et ne présentent aucun des caractères des pépérites de Limagne qui comportent uniquement des nodules de lave vitreuse bulleuse et à contours scoriacés »¹. Le calcaire lui-même est très finement dolomitique ; on y trouve des grains de quartz, des galets de dolomies, quelques oolithes composées, et les phénomènes de silicification (calcédoine épigénisant certains galets dolomitiques et les organismes) ne sont pas rares.

« La teinte brun opaque des nodules, en plaque mince, est due à une altération poussée, altération qui leur donne, sur l'échantillon une teinte violacée, caractéristique des vieux basaltes », et qui empêche toute détermination minéralogique à l'exception de quelques cristaux d'olivine encore reconnaissables.

Il s'agit donc d'un *conglomérat lenticulaire*, à galets mixtes de lave et de roches sédimentaires.

La lave des nodules est, par suite, d'âge *anté-muschelkalk supérieur*. Le centre éruptif est impossible à préciser, mais l'émission appartient vraisemblablement à l'une des phases posthumes du *volcanisme permien*, dont les manifestations ont été si importantes en Provence orientale.

1. Communication écrite de R. Michel, qui a bien voulu examiner mes échantillons et mes lames minces, et que je remercie, ici, pour son obligeance.

III. — Tectonique du Trias de Rougiers.

Lorsqu'on parcourt les nombreux sentiers de cette région, on ne peut manquer d'être frappé par la *diversité d'orientation des bancs* de Muschelkalk, ainsi que par le pendage, qui, bien que variable, est le plus souvent *sub-vertical*.

L'étude stratigraphique nous permet d'ajouter que ce Muschelkalk est plissé en synclinaux généralement très pincés dont l'axe oscille autour de la verticale.

En outre, plusieurs failles, d'orientations diverses — dont la présence se signale soit par des zones bréchiques, soit par des miroirs — disloquent l'ensemble des calcaires triasiques.

Parmi ces dernières, il en est une qui revêt une importance particulière ; elle passe par la colline du Poulagnier où elle est actuellement masquée par l'ankaratrie, qui constitue en grande partie la butte.

Cet accident, orienté NE-SW, peut être suivi au sein des calcaires du Muschelkalk sur 1 km environ, depuis le Poulagnier, jusqu'aux abords de la route de Rougiers à Saint-Maximin. Au-delà, elle se perd dans les cultures et le lit du Cauron.

Sur le flanc sud-est du volcan, la présence de champs gênent l'observation de la faille elle-même, mais le brusque changement de pendage du Muschelkalk (NW subvertical-SW, 70°) laisse pressentir l'existence d'un accident.

Enfin, au-delà des vignes qui occupent les terrains cultivés au S de la route de Nans à Tourves (route D1), dans cette bordure chevauchante vers le N du massif de la Sainte-Baume, nous retrouvons, cisaillant les calcaires du Séquanien (col à l'E de la cote 394,9), effondrant le bassin crétacé de Bastide Blanche, la « faille du Poulagnier », devenue en ce point « la faille du Piégu ». *Cette importante cassure qui affecte l'extrémité nord-orientale de la chaîne de la Sainte-Baume, se prolonge donc, au-delà de cette dernière, dans le socle même du Trias de Rougiers.*

Il est intéressant de souligner ici, que cette faille a joué, *postérieurement au plissement du Trias* (déplacement relatif des axes des synclinaux de part et d'autre de la faille) et qu'elle a entraîné, plus tard, l'effondrement du bassin crétacé supérieur *complet* de Bastide Blanche.

Elle est donc post-maestrichtienne, et appartient de ce fait à la phase paroxysmale des plissements pyrénéo-provençaux, c'est-à-dire à l'*Éocène*.

Quant à l'ankaratrie, qui recouvre en partie l'accident du

Piégu-Poulagnier, sa mise en place paraît être *en rapport direct* avec cette fissure profonde du socle triasique, *son âge est donc tertiaire* (éocène et post-éocène ?).

En outre, elle s'est épanchée sur une topographie déjà existante, et qui présentait beaucoup de ressemblance avec la topographie actuelle. En effet, le flanc ouest de l'affleurement est recouvert par le Trias (pendage SW, 60°), alors que sur les trois autres côtés, la lave néphélinique s'étend sur les bancs du Muschelkalk redressés à la verticale.

* * *

En résumé, l'étude stratigraphique, pétrographique et tectonique des environs du Poulagnier met en évidence l'instabilité de la région triasique, plissée et cassée, de Rougiers-Tourves qui a été le siège de 2 *épisodes volcaniques* :

— l'un *triasique* (Muschelkalk moyen vraisemblablement) dont il ne nous reste, comme témoins, que des galets roulés dans un conglomérat du Muschelkalk supérieur ;

— l'autre *éocène ou post-éocène* (sans qu'il soit possible pour l'instant, d'être plus précis) qui a donné le jour à l'ankaratrite de Rougiers ; l'affleurement bien connu de cette dernière, à l'W de la localité, recouvre la faille du Piégu-Poulagnier dont elle est issue.

BIBLIOGRAPHIE

- CORROY G. (1928). — Les Vertébrés du Trias de Lorraine. *Ann. Pal.*, t. XVII, fasc. 3-4, p. 1-56.
- (1939). — Le Massif de la Sainte-Baume. Études géologiques. *Bull. Serv. Carte géol. France*, t. XLI, n° 201.
- LACROIX A. (1897). — Minéralogie de la France et de ses Colonies, 5 vol. Paris, Béranger.
- (1928). — Les pegmatitoïdes des roches volcaniques à faciès basaltiques. *C. R. Ac. Sc.*, t. 187, p. 321.
- MICHEL-LÉVY et COLLOT (1889). — Sur l'existence de la néphéline à Rougiers (Var). *Ibid.*, t. 108, p. 1124.
- REPÉLIN (1899). — Sur le Trias des environs de Rougiers, et ses relations avec la roche éruptive de cette région. *B. S. G. F.*, (3), XXVII, p. 311.

FLORE ET STRATIGRAPHIE DU TERRAIN HOUILLER DE LA RÉGION DE LONS-LE-SAUNIER (JURA)

PAR Charles Greber ¹.

PLANCHE XVI.

Sommaire. — L'auteur donne la liste des espèces les plus caractéristiques trouvées dans les sondages du Bureau de Recherches géologiques, géophysiques et minières (B. R. G. G. M.) et des Charbonnages de France (C. D. F.), qui ont montré l'existence du bassin houiller du Jura.

La flore se rapporte en son ensemble au Stéphanien. Certains sondages permettent de distinguer un Stéphanien inférieur avec une flore analogue à celle de Rive-de-Giers, et un Stéphanien moyen. La sédimentation étant continue, il n'est pas possible de placer de limites entre ces deux étages.

Le Stéphanien moyen aurait une aire de dépôt plus étendue que le Stéphanien inférieur. De tels mouvements sont courants dans les bassins du Permo-Houiller du Massif Central.

A l'heure actuelle, dix sondages ² ont rencontré le Carbonifère dans la région de Lons-le-Saunier. Sur ces dix sondages, huit sont allés jusqu'au Cristallin. Depuis la publication des premiers résultats acquis [Guillaume, 1952 ; Bonte, 1953 ; Bonte, Goguel, etc., 1953], le sondage de Domblans I a été terminé, et trois nouveaux sondages sont venus s'ajouter à ceux dont il était alors question : les sondages de Lons II, Montmorot I et Courbouzon. Ce dernier en cours a rencontré le Houiller. Je n'en tiendrai pas compte ici.

Dans les listes de fossiles, je ne citerai que les espèces les plus significatives de point de vue stratigraphique. Je négligerai les espèces banales telles que Calamites, Cordaïtes, Asterophyllites, etc..., ainsi que les espèces nouvelles ou rares, dont la répartition stratigraphique est mal connue. Je les décrirai et représenterai l'ensemble de la flore ultérieurement, l'ampleur d'une telle monographie dépassant largement le cadre des notes à la Société géologique.

1. Note présentée à la séance du 21 juin 1954.

2. Les sondages de Révigny I, Conliège, Perrigny I, Lavigny, ont été financés par le B. R. G. G. M. ; Lons I, Perrigny II, par les C. D. F. et le B. R. G. G. M. ; Lons I et Perrigny II par la Régie autonome des Pétroles (R. A. P.), et le B. R. G. G. M. ; Lons II par la R. A. P. et les C. D. F. Enfin, les sondages de Montmorot et Courbouzon font partie d'une campagne en cours entièrement financée par les C. D. F.

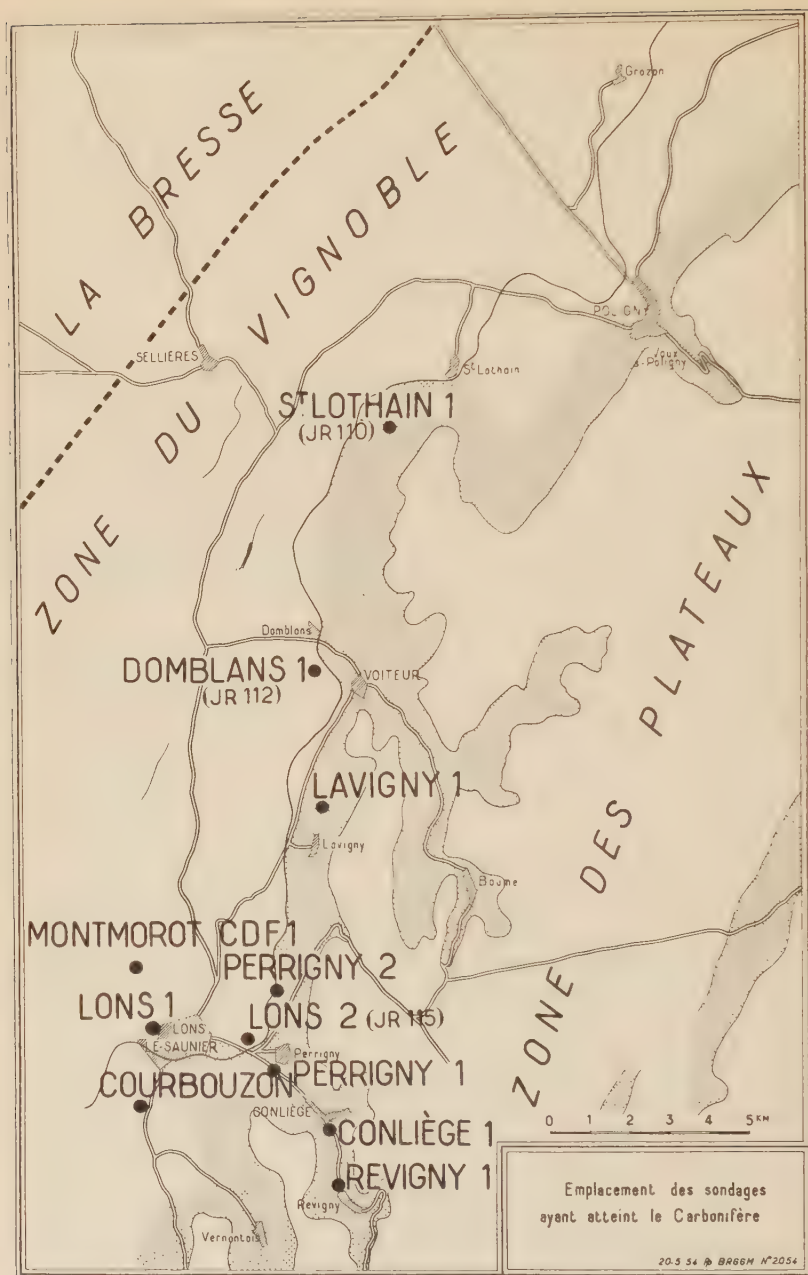


FIG. 1.

SONDAGE DE RÉVIGNY. Le Houiller y a été traversé de 788 à 936,30 m. C'est le premier sondage qui a montré l'existence du Carbonifère dans le Jura ¹.

A 873 m, un *Pecopteris polymorpha* BRONG. prouvait que l'on avait bien rencontré le terrain houiller et qu'il y avait une forte probabilité pour que ce fût du Stéphanien.

Les 108,30 m de Houiller traversés ne correspondent pas à sa puissance réelle, le socle n'ayant pas été touché, et les pendages des terrains devenant très forts en fin de sondage (70° à 80°).

SONDAGE DE CONLIÈGE. Le Houiller a été traversé de 763 à 984,70 m, soit sur 221,70 m. Les pendages sont faibles et le socle a été touché.

Pecopteris cyathea BRONG. (à 785,30 — 785,95 — 786 — 790,20 — 790,50 — 791 — 858 m).

P. unita BRONG. (à 785,80 — 790,80 — 791 — 858 m).

P. polymorpha BRONG. (à 930 m).

P. lamurensis HEER (à 969 m où il est abondant — 969,50 — 969,80 — 970 — de 970 à 971 — 972,50 — 973,50 — 974 m).

Dicksonites plückereti BRONG. (à 790,30 — 790,40 — 790,50 — 853,50 — 858 m).

Alethopteris grandini BRONG. (à 785,80 m).

Callipteridium pteridium SCHL. (à 786 m).

Odontopteris obtusa BRONG. (à 788,50 m).

Sphenophyllum oblongifolium GERM. (à 790,20 — 790,50 — 791 m).

Sph. emarginatum BRONG. (à 858 — 953 — 953,20 m).

Mixoneura ² (à 952,50 — 953 — 969 — 969,80 — 974 m).

Enfin signalons :

Diplotmema ribeyroni ZEIL. (à 788,50 et 871,60 m).

Dès ce sondage, il apparaissait que le Houiller du Jura appartenait bien au Stéphanien, et qu'à partir de la profondeur de 952 m, la flore était caractérisée par l'association de *Mixoneura* et de *Pecopteris lamurensis* HEER.

SONDAGE DE PERRIGNY N° 1. Houiller traversé de 745 à 1 130 m, soit sur 385 m, le pendage étant très faible ou nul. Le socle a été rencontré.

Pecopteris cyathea SCHL. (à 837,30 m).

P. cf. candolei BRONG. (à 825,80 m).

P. polymorpha BRONG. (à 822,60 — 830,90 — 831,40 — 833,70 — 988,70 m ; vers 968 — 988 — 1 003,80 — 1 026 — 1 052 m).

P. unita BRONG. (à 811,40 — 831,20 — 831,40 — 833,75 — 911,60 — 968 m 1 026 — 1 057 m).

P. hemitelioides BRONG. (à 834,70 m).

Neuropteris cordata BRONG. (à 831,40 m).

Odontopteris reichi GUTB. (à 831,20 — 831,40 — 832,20 m).

O. obtusa BRONG. (à 831,40 m).

Callipteridium pteridium SCHL. (à 998,30 m).

Sphenophyllum oblongifolium GERM. (à 831,30 m).

Sph. emarginatum Brong. (à 1 052 — 1 086 m).

Mixoneura (de 1 057 à 1 057,50 ; de 1 060 à 1 061,50 m) accompagné de *Cyclopteris* laciniés et de forme du type *Neuropteris triangularis* BERT.

1. C'est le regretté L. Guillaume, qui, le premier, a constaté l'existence du Carbonifère dans le sondage de Révigny.

2. Nous reviendrons sur ce genre dans les remarques paléobotaniques.

21 janvier 1955.

Bull. Soc. Géol. Fr. (6), IV. — 28

SONDAGE DE LAVIGNY I. Houiller traversé de 1 239 à 1 353 m, soit sur 114 m. Le socle n'a pas été atteint.

Pecopteris cyathea SCHL. (à 1 013 m).

Dicksonites plückeri BRONG. (à 1 013,40 m).

Odontopteris reichi GUTB. (à 1 054 m, accompagné de *Cyclopteris*).

Sphenophyllum oblongifolium GERM. (à 1 013,40 m).

SONDAGE DE LONS I. Carbonifère traversé de 471 à 822,40 m, soit sur 348,40 m. Les pendages sont très faibles.

Pecopteris cyathea SCHL. (à 545,20 — 564 — 564,30 — 639 — 639,35 — 662,50 — 747,70 m).

P. lepidorachis BRONG. (à 491,55 — 563,80 m).

P. arborescens BRONG. (à 778 m).

P. unita BRONG. (à 564 — 564,30 — 639 — 639,35 — 689,60 — 768,50 m).

P. oreopteridia SCHL. (à 660,85 — 680,90 — 689,90 m).

P. polymorpha BRONG. (à 491,50 — 492 — 493 — 496,10 — 562,50 — 564,30 — 679 — 680,90 — 698,60 m).

Dicksonites plückeri BRONG. (entre 492 et 493 — 639 m).

Callipteridium pteridium SCHL. (à 546,40 — 639 et 639,50, où il est très abondant — 768,50 m).

Sphenophyllum oblongifolium GERM. (à 500 — 682 m).

Mixoneura (à 743 — 743,40 — 747,70 — 749,20 — 749,50 — 778 — 792,20 — 812,20 — 819,60 m).

Il faut ajouter à 919,60 m la présence de nombreuses *Estheria cebennensis* GRAND-EURY.

SONDAGE DE PERRIGNY II. Le Carbonifère y a été traversé entre 820,45 m et 1 110,30 m, soit sur 289,85 m.

Pecopteris cyathea SCHL. (à 843 — 1 047 m).

P. lepidorachis BRONG. (à 842,30 — 843,13 m).

P. unita BRONG. (à 947,70 — 1 046 — 1 106 m).

P. daubrei ZEIL. (à 843 — 992 — 1 047 m).

P. feminaeformis SCHL. (à 950,35 — 992 m).

P. polymorpha BRONG. (à 874,80 — 921 — 998 — 989 — 992 — 1 035,60 — très abondant entre 1 040 et 1 047 — 1 047 — 1 086 — 1 091 — 1 103 — 1 106 m).

Callipteridium pteridium SCHL. (à 1 035,65 — 1 046 m).

Dicksonites plückeri BRONG. (à 841,70 — 919,50 — 949,50 — 988,35 — 988,40 m).

Odontopteris reichi GUTB. (à 843 — 947,70 — 988,30 — 988,35 — 988,48 — 988,50 — 988,60 — 1 035,65 — 1 045 — 1 047 — 1 106 m).

Linopteris brongniarti GUTB. (à 841,75 — 843 — 1 035,65 — 1 043 — 1 044,50 — 1 049,50 — 1 091,50 m).

Alethopteris grandini BRONG. (à 1 047 m).

Sphenophyllum oblongifolium GERM. (à 950,20 — 1 035,60 — 1 047 m).

Sph. emarginatum BRONG. (à 1 050 — 1 091,50 m).

SONDAGE DE SAINT-LOTHAIN N° 1 (J. R. 110). Le terrain houiller a été traversé de 605 à 736,50 m, soit sur 131,50 m. Le socle a été rencontré.

Pecopteris cyathea SCHL. (à 616 — 626,10 m).

P. hemitelioides BRONG. (à 625 — 696,20 m).

P. polymorpha BRONG. (à 619,80 — 626,10 — 627,40 — 654,30 — 654,40 — 696 — 698 m).

P. unita BRONG. (à 630,80 m).

Callipteridium pteridium SCHL. (à 614,80 — 615,85 — 616,05 m).

Dicksonites plükeneti BRONG. (à 630,76 — 630,88 — 654,50 m).

Linopteris brongniarti GUTB. (à 611 — 612,75 m).

Peut-être *Mixoneura* à 696 et 697,75 m, mais les échantillons sont très mauvais et un doute subsiste.

SONDAGE DE DOMBLANS I (J. R. 112). Le terrain houiller a été traversé de 1 005,80 à 1 576,40 m, soit sur 570,60 m.

Pecopteris cyathea SCHL. (à 1 050,50 — 1 066,50 — 1 281,60 — 1 301 — 1 303,40 — 1 329 — 1 410,90 — 1 413,80 — 1 461 — 1 483 — 1 532,80 m).

P. lepidorachis BRONG. (à 1 050,50 m).

P. unita BRONG. (à 1 050,90 — 1 388 — 1 432 m).

P. polymorpha BRONG. (à 1 039,50 — 1 048,70 — 1 050 — 1 050,50 — 1 261,60 — 1 279 — 1 280 — 1 281,60 — 1 340,30 — 1 460,95 — 1 463,40 — 1 503,20 m).

P. candolei BRONG. (à 1 067 — 1 261,60 — 1 275 m).

P. hemitelioides BRONG. (à 1 276 m).

P. plumosa ARTIS. (à 1 388,50 — 1 411,90 — 1 414,30 m).

Dicksonites plükeneti BRONG. (à 1 261,60 — 1 275,50 — 1 280 — 1 284,50 — 1 325,20 — 1 452,50 m).

Callipteridium pteridium SCHL. (à 1 301 m).

Odontopteris reichi GUTB. (à 1 048,70 — 1 050,50 — 1 051 — 1 066,50 — 1 171,60 — 1 279 — 1 303,40 — 1 410,90).

Linopteris brongniarti GUTB. (à 1 405,80 — 1 520 m).

Sphenophyllum oblongifolium GERM. (à 1 066,50 — 1 303,70 — 1 388 — 1 410,90 — 1 431,20 m).

Sph. emarginatum BRONG. (à 1 172 m).

Odontopteris (Mixoneura) sub-crenulata ROST. (à 1 426,50 m).

Diplotemna ribeyroni ZEIL (à 1 280 m).

Alethopteris grandini BRONG. (à 1 048,50 — 1 149 — 1 484,50 m).

SONDAGE DE LONS II (J. R. 115). Houiller traversé de 691,50 à 1 135,50 m, soit sur 444 m.

Pecopteris cyathea SCHL. (à 742 — 761 — 761,80 — 762 — 880,70 — 881,30 — 882,20 — 950,50 — 952,30 — 1 026 — 1 113 à 1 114 m).

P. lepidorachis BRONG. (à 742 — 1 000,30 m).

P. unita BRONG. (à 741,50 — 761,80 — 762,10 — 937 — 1 114,50 m).

P. arborescens BRONG. (à 952,30 m).

P. polymorpha BRONG. (à 761,40 — 762 — 772 — 874,20 — 879 — 945 — 950,50 — 951 — 952,30 — 953,10 — 1 000,30 — 1 068,15 — 1 113 à 1 114 m).

P. oreopteridia SCHL. (à 761,80 — 876,20 — 950,50 m).

P. plumosa ARTIS. (à 761,90 — 879,60 m).

Dicksonites plükeneti BRONG. (à 761,80 — 874,10 — 940,20 — 953 — 1 000,30 — 1 026,30 — 1 113,20 m).

Callipteridium pteridium SCHL. (à 772 — 946,70 m).

Alethopteris grandini BRONG. (à 874,10 m).

Odontopteris reichi GUTB. (à 741 — 741,50 — 877,10 — 880 m).

Linopteris brongniarti GUTB. (à 772 — 1 113,20 — 1 114,50 m).

Neuropteris cordata BRONG. (à 741,50).

Sphenophyllum oblongifolium GERM. (à 742 — 761,50 — 953 m).

SONDAGE DE MONTMOROT N° 1. Le Houiller a été traversé de 456,30 à 934 m, soit sur 477,70 m.

Pecopteris cyathea SCHL. (à 508 — 508,50 — 722,70 — 724,80 — 725 — 726,30 — 726,70 — 760,70 — 809,80 m).

P. lepidorachis BRONG. (à 724,40 m).

P. arborescens BRONG. (à 897,80 m).

P. hemitelioides BRONG. (à 726,30 m).

P. polymorpha BRONG. (à 645 — 650,10 — 723 — 723,60 — 727,90 — 760,70 — 766 — 766,40 — 770,70 — 787,80 — 809,80 — 843,40 m).

P. unita BRONG. (à 708,09 — 724,80 — 728,10 — 760,70 — 810 — 841,20 — 842 — 856,80 m).

P. plumosa ARTIS. (à 724,40 — 726,80 m).

Callipteridium pteridium SCHL. (à 808,80 — 810 — 810,70 m).

Dicksonites plückeri BRONG. (à 760,80 — 766,50 — 806,40 — 810 — 810,70 — 811 m).

Odontopteris reichi GUTB. (à 722,50 m).

Alethopteris grandini BRONG. (à 708,90 m).

Sphenophyllum oblongifolium GERM. (à 646,80 — 708,80 — 723,60 — 724,40 — 766,50 — 809,40 — 811 — 857,80 m).

Sp. emarginatum BRONG. (à 899,80 m).

Linopteris brongniarti GUTB. (à 766 — 766,50 — 777,60 m).

Mixoneura (à 899,40 m).

A ces listes, il faut ajouter à tous les niveaux fossilifères de très nombreux *Annularia sphenophylloides* ZENK., *Annularia stellata* SCHL., *Asterophyllites equisetiformis* SCHL., des *Calamites* (*C. cisti*, *C. suckowi*, *C. multiramis*, *C. cruciatus*) de nombreux fragments de feuilles de Cordaïtes, des moules internes de Sigillaires cannelées, etc...

J'ai vu également des espèces plus rares, comme les *Sphenopteris matheti* ZEIL., *Sphenopteris biturica* ZEIL., *Pecopteris waltoni* P. CORSIN, etc...

Remarques paléobotaniques.

Odontopteris reichi GUTB. (Pl. XVI, fig. 4). — C'est à cette espèce que se rapportent la plupart des *Odontopteris* de ce sondage, espèce qui a été représentée par Zeiller [1906] sous le nom d'*O. minor* BRONG. Depuis, la coutume est de la nommer *O. minor zeilleri* POT. J'ai trouvé, à côté de la forme normale, des fragments portant de grandes pinnules qui pourraient être déterminés comme *O. brardi* BRONG., mais les fragments étant trop petits et étant donné la coexistence des deux formes, je n'ai pas fait cette distinction dans les listes ci-dessus.

Pecopteris lamurensis HEER. (Pl. XVI, fig. 5). Cette espèce dont je reproduis un exemplaire n'est bien représentée qu'à la base du sondage de Conliège.

A 1 528,50 m, au sondage de Domblans I, un fragment de *Pecopteris* rappelle cette espèce, mais l'échantillon gréseux est trop mauvais pour pouvoir être déterminé avec certitude.

Pecopteris cyatheoides. La famille du *Pecopteris arborescens* [P. Corsin, 1951] a souvent été nommée par différents auteurs, famille des *Pecopteris cyatheoides*. Il est évident qu'il ne faut pas, comme le fait remarquer M. P. Corsin [1952, p. 96], « considérer cette réunion d'espèces comme une forme autonome ». Cependant, dans les sondages, l'état de conservation, la taille du fragment recueilli, ne permettent pas toujours la distinction des divers *Pecopteris* de cette famille. Ainsi il est facile de confondre le *P. cyathea* et le *P. lepidorachis*, si chez ce dernier on ne peut observer la présence de poils épineux sur le rachis. De même, les extrémités de fronde de ces deux espèces présentent des petites pinnules, où les nervures secondaires sont simples, ce qui peut les faire confondre avec le *P. arborescens* de Stéphanien inférieur. De telles confusions sont à la base de la citation du *P. arborescens* à des niveaux élevés du Stéphanien. Il me semble utile de conserver le terme de *P. cyatheoides* pour désigner les *Pecopteris* qui d'après leur forme doivent entrer dans la famille de *P. arborescens*, mais dont l'état de conservation ne permet pas honnêtement une détermination spécifique.

Dans les listes que je donne ici, je n'ai retenu que les bons échantillons, mais les mauvais, où l'on ne pouvait appliquer que le terme vague de « *Pecopteris cyatheoides* », sont plus nombreux.

Mixoneura. Les différentes formes de *Mixoneura* trouvés à la base des sondages de Conliège, Perrigay I, Lons I et Montmorot, peuvent être rapportées soit au *Mixoneura neuropteroides* GOEPPERT (Pl. XVI, fig. 1 et 2, soit au *Mixoneura flexuosa* GRAND'EURY (Pl. XVI, fig. 3). Ces formes sont étroitement associées, et les différences que l'on peut y voir ne dépassent pas celles que l'on peut observer à l'intérieur d'une fronde, selon la position des pinnules.

Je n'ai pu me résoudre à leur attribuer des noms différents, étant persuadé que les différents échantillons provenaient d'une même espèce.

J'ai pu observer des variations de même ordre parmi de nombreux échantillons de *Mixoneura* provenant d'un même gisement de Tarentaise.

Dans la figuration que donne P. Bertrand [1930, p. 47] du *Mixoneura sarana* on peut également constater que cet auteur repré-

sente sous un même nom des échantillons qui diffèrent non seulement par la forme des pinnules mais encore par la nervation (comparer *Mixoneura sarana* [Bertrand, pl. XX bis, fig. 4 et pl. XXI, fig. 1]).

Cet auteur, comparant les *Mixoneura flexuosa* GR. EV., *Mixoneura sarana* P. B. et le *Mixoneura alpina* P. B., admettait que « la séparation de ces trois variétés n'avait qu'un intérêt théorique puisque l'on n'est pas exposé à les trouver mélangées », et que leurs caractères distinctifs étaient difficiles à saisir et plus encore à préciser. Il avait tendance à y voir des variétés locales d'une même espèce.

M. P. Corsin voit dans les *Mixoneura ovata* HOFF., *M. sarana* P. B., *M. flexuosa* et *M. neuropteroides*, des formes « correspondant à des stades de l'évolution d'une même plante dans le temps ».

Pour lui, le *Mixoneura neuropteroides* se rencontre seulement dans le Stéphanien B et C. C'est en effet cette variété que l'on trouve à ces niveaux, mais elle ne se rencontre jamais abondamment, et ne constitue qu'une rareté que l'on trouve parfois au milieu d'autres espèces.

Le bel échantillon qu'a représenté Zeiller [1906] dans la flore de Blanzky et du Creusot était unique parmi les abondants matériaux qu'il avait pour son étude. Il n'en est pas de même ici, les *Mixoneura* sont cantonnés à la base de certains sondages, où ils constituent sur plusieurs dizaines de mètres l'espèce dominante, et les espèces qui les accompagnent montrent qu'ils ont bien une valeur réelle pour la stratigraphie.

Stratigraphie.

Dans son ensemble la flore est stéphanienne.

Les sondages de Conliège, Perrigny I, Lons I, Montmorot I, ont rencontré une assise riche en débris de *Mixoneura*.

A Conliège, les *Mixoneura* sont associés au *P. lamurensis*. Cette association est caractéristique du Stéphanien inférieur (assise de Rive-de-Giers à Saint-Étienne, anthracite de Molières du Gard).

Au sondage de Lons I, un niveau riche en *Estheria cebennensis* confirme cet âge. Ces espèces sont accompagnées de *Pecopteris polymorpha*, *Sphenophyllum emarginatum*. Ce *Sphenophyllum* subsiste après la disparition des *Mixoneura* et est remplacé progressivement par le *Sphenophyllum oblongifolium*.

En concordance, et sans que l'on puisse mettre de limite, la flore du Stéphanien inférieur fait place à une flore du Stéphanien moyen caractérisée par la présence : d'*O. reichi*, d'*O. obtusa*, *Cal-*

lipteridium pteridium, *Dicksonites plückeri*, *Linopteris bronngiarti*, *Sphenophyllum oblongifolium*, *Neuropteris cordata*, et de très nombreux *Pecopteris cyatheoides*. Entre ces deux étages bien caractérisés, on ne rencontre que des espèces banales (*P. polymorpha*, *P. cyatheoides*, etc...) qui ne permettent pas de rattacher cette zone à l'un ou l'autre étage.

Les autres sondages n'ont pas rencontré de Stéphanien inférieur, ou bien la flore est insuffisante pour pouvoir conclure.

Le tableau ci-contre donne les divisions faites dans les différents sondages grâce à la flore.

Les limites d'étages données dans ce tableau ne constituent pas des points précis, mais seulement les limites extrêmes en deçà ou au-delà desquelles la flore est caractéristique ou non.

Il permet de faire un certain nombre de constatations :

— la présence de Stéphanien inférieur actuellement cantonné dans la région immédiate de Lons et de Conliège (sondages de Lons I, Montmorot, Conliège, Perrigny I).

— la puissance réduite de cette assise : une quarantaine de mètres à Conliège, de l'ordre de 70 à 80 m dans les autres sondages, mais la limite supérieure n'est pas précise.

Elle n'est pas très productive (une couche à Conliège, couche n° 3. Couche 7 à Perrigny I. Couche 11 à Lons I et Montmorot). Ces deux derniers sondages ont donné des résultats comparables. Le Stéphanien moyen semble plus développé à Montmorot, du fait que la partie supérieure du Houiller de Lons I est supprimée par une faille.

On voit également que, d'E en W, les différentes assises s'épaississent.

On pouvait s'attendre à voir les sondages de Lons II et Perrigny II rencontrer les mêmes séries.

Les sondages ont montré que le Stéphanien inférieur n'existait pas et que le Stéphanien moyen était plus puissant (il est probable que ce que j'ai attribué à la zone intermédiaire dans le sondage de Lons II soit en réalité pour une grande part du Stéphanien moyen).

Vers le N, il n'y a plus que du Stéphanien moyen (Lavigny, Domblans I) où il prend une grande puissance et se montre moins productif. Le sondage le plus septentrional a trouvé un Houiller réduit et non productif, avec une flore peu caractéristique. Nous voyons, d'après ces sondages, se dessiner entre le groupe des sondages de Lons-Montmorot et celui de Conliège-Perrigny I comme un sillon où le Stéphanien moyen est beaucoup plus développé. Ces faits nous montrent, qu'en plus des dislocations qui découpent

la région du Vignoble et qui affectent le Houiller et le socle, le bassin stéphanien a subi des variations latérales importantes. Nous n'avons pas encore suffisamment de points connus pour en définir sa forme à l'époque carbonifère ; ce que nous savons, c'est qu'il y a eu des transgressions de dépôt. Ce phénomène est connu dans de nombreux bassins du Massif Central. Il est également remarquable que ce soit le Stéphanien moyen qui ait la plus grande extension.

Conclusion.

En conclusion, le bassin houiller du Jura est d'âge stéphanien. Il s'apparente par sa flore aux bassins houillers du Massif Central. La présence de deux étages permet de voir qu'au Carbonifère il a été l'objet de variation d'extension d'aire de sédimentation, comme de nombreux bassins du Massif Central. On ne connaît pas encore de façon précise la forme et la direction que pouvait alors avoir ce bassin. Il semble qu'il y ait eu un mouvement de transgression vers le N.

OUVRAGES CITÉS

- BONTE A. (1953). — Le Bassin houiller de Lons-le-Saunier. *Ann. Soc. géol. Nord*, t. LXXIII, p. 9-36.
- BONTE A., GOGUEL J., GREBER Ch., LAFFITTE P., LIENHARDT G. et RICOUR J. (1953). — Le Bassin houiller de Lons-le-Saunier (Jura). État de la reconnaissance au 31 décembre 1952. *Ann. Mines*, 142^e an., t. VI, p. 3-50.
- BERTRAND P. (1930). — Bassin houiller de la Sarre et de la Lorraine. 1^{re} partie : Flore fossile ; 1^{er} fasc. : Neuroptéridées. *Étude des Gîtes minéraux de la France*.
- CORSIN P. (1951). — Bassin houiller de la Sarre et de la Lorraine. 1^{re} partie : Flore fossile ; 4^e fasc. : Pécoptéridées. *Ibid.*
- (1952). — Sur la limite entre le Westphalien et le Stéphanien et sur la flore du Westphalien D et du Stéphanien A. 3^e Congr. *Stratigr. et Géol. Carbonifère*, Heerlen 1952, t. I, p. 93-98.
- GUILLAUME L. (1952). — État actuel de la reconnaissance du nouveau Bassin houiller découvert par les sondages profonds du B. R. G. G. dans la région de Lons-le-Saunier. *Ibid.*, t. I, p. 227-231.
- ZEILLER R. (1906). — Bassin houiller et permien de Blanzky et du Creusot. Flore fossile, 2 fasc. *Étude des Gîtes minéraux de la France*.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XVI

- FIG. 1. — *Mixoneura*. Sondage de Conliège à 970 m. Gr. nat. Forme se rapprochant du *M. neuropteroides* GOEPPERT.
- FIG. 2. — *Mixoneura*. Sondage de Conliège à 970 m. $\times 2$.
- FIG. 3. — *Mixoneura*. Sondage de Lons 1 à 743,10 m. Gr. nat. Forme se rapprochant du *M. flexuosa* GRAND EURY.
- FIG. 4. — *Odontopteris reichi* GUTB. Sondage de Perrigny II à 998,30 m. Gr. nat.
- FIG. 5. — *Pecopteris lamurensis* HEER. Sondage de Conliège à 974 m. Gr. nat.

Clichés BONNAUD, B. R. G. G. M.

PRÉSENCE PROBABLE DE DÉPÔTS MARINS DANS LE PALÉOZOÏQUE BRIANÇONNAIS

PAR **Robert Feys**¹.

PLANCHE XVII.

Sommaire. — Un galet recueilli dans des conglomérats du « Verrucano » briançonnais montre, en lames minces, une profusion de débris organisés, apparemment d'origine marine.

On sait que la zone briançonnaise montre une énorme accumulation de dépôts paléozoïques continentaux, le plus souvent lagunaires (Carbonifère productif) auxquels succèdent, au début du Mésozoïque, des dépôts marins, avec l'arrivée des quartzites triasiques.

Dans toute cette épaisse série paléozoïque, aucune couche marine n'a été rencontrée jusqu'ici. Il y a bien les couches bariolées avec bancs carbonatés de la haute vallée de la Clarée, mentionnés par Pussenot [1930], et M. Gignoux et L. Moret [1938], dont M. Lemoine [1952] a très justement fait remarquer que rien, *a priori*, n'empêchait leur origine marine. Mais jusqu'ici aucune récolte de fossile n'est venue confirmer cette hypothèse, par ailleurs vraisemblable.

Or, en examinant un échantillonnage de galets récoltés dans les conglomérats de Verrucano, j'ai remarqué un curieux galet qui, en lames minces, a révélé une profusion de débris organisés². Il s'agit d'une roche très fine, formée de quartz fin, jointif en mosaïque et de séricite plus rare, en petites lamelles, avec quelques traces de chlorite, et de rares petits zircons (A. Vaysse).

Entre nicols croisés, aucune structure n'est visible, tout étant oblitéré par la mosaïque siliceuse. En lumière naturelle, au contraire, le pigment conservé permet l'observation.

L'épigénisation a fait disparaître les détails de structure des tests, confondant en une masse siliceuse les couches calcaires superposées qui constituaient les tests originaux, si bien qu'aucun de ces débris n'est plus déterminable spécifiquement ; mais l'ensemble suggère une origine marine, avec de nombreux fragments

1. Note présentée à la séance du 21 juin 1954.

2. Lieu de récolte : rive gauche de la Guisane, le Collet $x = 938$ et $y = 302,7$. Ici, le Verrucano surmonte du Carbonifère non daté.

de tests, souvent ornementés ou cloisonnés : on y reconnaît des fragments pouvant appartenir à des Gastéropodes, des Bryozoaires, des Lamellibranches, des Polypiers et des Crustacés (?). Les fig. 1 et 2 de la Pl. XVII montrent l'aspect d'ensemble de ces débris, les fig. 3 à 10 quelques structures assez nettes. La fig. 3 représente, peut-être, un Foraminifère de type Textulaire, la fig. 5 de type *Spirillina* ? Les fig. 8 et 10 des restes de Bryozoaires ? D'autres structures, comme celle représentée sur la fig. 7 rappellent fort des Algues calcaires paléozoïques représentées par J. Pia (par exemple [1937, pl. 93, fig. 1]).

J'ai montré ces préparations à de nombreux géologues¹ qui, tous, m'ont dit leur impression, parfois fort nette, d'un sédiment marin, mais sans pouvoir non plus faire d'observations absolument convaincantes.

On ne peut donc dire que l'origine marine de ce galet soit absolument certaine, mais l'hypothèse paraît vraisemblable. Peut-on espérer de nouvelles observations, plus décisives ? Je demande à ceux de nos confrères qui pourraient avoir des idées plus précises d'en faire part, mettant bien volontiers mes préparations à leur disposition.

Mais il faut bien avouer qu'une telle roche, silicifiée et recristallisée, se prête mal à l'observation. D'autre part si, au cours de plusieurs années de recherches sur le terrain, j'ai pu recueillir de rares autres galets semblant avoir la même origine, les traces pouvant représenter d'anciennes structures sont dans un tel état qu'on ne peut en tenir compte.

En admettant son origine marine ou saumâtre, d'où viendrait ce galet ? Peut-être de la série bariolée avec bancs carbonatés de la haute vallée de la Clarée ? Mais la possibilité de dépôts marins dans cette série n'est pour le moment qu'une hypothèse, nous l'avons vu.

Peut-être encore de couches appartenant à la série stratigraphique briançonnaise, mais actuellement dérobée à l'observation, par enfouissement ou métamorphisme ? Autant de questions sans réponse possible pour le moment.

Dans tous les cas, si c'est marin, c'est que la mer mésogéenne (bassin des Alpes carniques) était proche des lagunes où s'est déposé le Carbonifère briançonnais. Entre celles-ci a pu s'établir une communication à la fin du Paléozoïque. Cette hypothèse est rendue vraisemblable par les caractères de la sédimentation du

1. En particulier MM. J. Cuvillier, H. Derville et P. Marie, qui ont bien voulu me faire bénéficier de leur grande expérience, et que je remercie ici.

Houiller briançonnais, qui ne s'est certainement pas déposé dans des lacs de montagne mais dans d'immenses lagunes en bordure du littoral et au pied d'une cordillère.

OUVRAGES CITÉS

- GIGNOUX M. et MORET L. (1938). — Remarques complémentaires à notre « Description géologique du Bassin supérieur de la Durance ». *Trav. Lab. Géol. Univ. Grenoble*, t. XXII.
- LEMOINE M. (1952). — Le Paléozoïque supérieur de la haute vallée de Né-vache. *C. R. Ac. Sc.*, t. 234, p. 2468-2470.
- PIA J. (1937). — Die wichtigsten Kalkalgen des Jungpaläozoikums und ihre geologische Bedeutung. *C. R. 2^e Congr. Stratigr. Carbonifère*. Heerlen, t. 2, p. 765-856, pl. 85-97.
- PUSSENOT Ch. (1930). — La nappe du Briançonnais et le bord de la zone des Schistes lustrés entre l'Arc et le Guil. Grenoble, Impr. Allier.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XVII

FIG. 1 et 2. — Aspect d'ensemble des préparations L. N. ($\times 15$).

FIG. 3 à 10. — Détail de quelques structures assez nettes. Toutes ces microphotos en L. N. et au grossissement 15, sauf la figure 7 ($\times 45$).

EXISTENCE DE CIRRIPÈDES ACROTHORACIQUES
DÈS LE LIAS :

ZAPFELLA PATTEI NOV. GEN., NOV. SP.

PAR Roseline de Saint-Seine¹.

PLANCHES XVIII A XX.

Sommaire. — L'auteur décrit des Acrothoraciques de nombreux niveaux du Lias, du Jurassique, du Crétacé et du Miocène.

La première découverte de Cirripèdes acrothoraciques fossiles fut publiée en 1935 par H. ZAPFE. Celui-ci trouva, dans des coquilles de *Pyrula* (*Melongena*) *cornuta* et de *Fasciolaria turbinella* de l'Helvétien hongrois, des perforations en loges sacciformes, s'ouvrant à l'extérieur par une fente étroite à un bout et élargie à l'autre. Les dimensions moyennes de ces ouvertures sont de 3,5 mm sur 1,2 mm ; la profondeur des loges, de 5 mm environ. Celles-ci ne présentent pas d'élargissement postérieur correspondant à la position d'un « disque » tel que chez *Trypetesa* NORMAN². Estimant son matériel insuffisant, H. ZAPFE compara provisoirement ces organismes à *Lithoglyptes indica* actuel.

Or des Acrothoraciques analogues existent en abondance dans le Miocène français, et même déjà au Lias. Il s'agit toujours de loges sacciformes dont l'ouverture, droite ou arquée, est effilée à une extrémité, arrondie à l'autre ; le bout effilé peut débiter par une petite élargissement circulaire. On sait que le bout aigu de la fente est le point de fixation de la larve *Cypris* ; celle-ci creuse ensuite sa loge obliquement en arrière (en deçà du bout étroit) tout en l'agrandissant vers l'avant. Les ouvertures des loges intactes sont longues de 1 à 2 mm et larges de 0,5 mm environ. Mais si le plafond de la loge est érodé, celle-ci se trouve sectionnée par une fausse ouverture anormalement grande (Pl. XX, fig. 5) ; certaines coquilles perforées montrent tous les passages entre loges intactes et loges égueulées. Les loges peuvent confluer irrégulièrement, et, nombreuses, dégrader le support. (Pl. XVIII, fig. 3 et XIX, fig. 3).

1. Note présentée à la séance du 21 juin 1954.

2. Nom proposé par Norman (1903, *Ann. a. Mag. Nat. Hist.*, (7) vol. XI, p. 3) pour remplacer *Alcippe* HANCOCK, utilisé par Blyth (1844) pour un Oiseau.

C'est du Sinémurien¹ que datent les plus anciens Acrothoraciques que j'aie pu observer, sur *Gryphea arcuata* de l'Augy (Cher) (coll. d'Orbigny, Muséum); *G. arcuata* de l'Indre (Pl. XX, fig. 5) et *G. incurva* Sow. de Redcar (Yorkshire). Ils abondent au Lias et au Jurassique moyen, sur Bélemnites, Gryphées et autres; citons : *G. obliqua* de Sables près Bayeux; *G. cymbium* de Croiselles (Calvados) (coll. d'Orb.); *G. cymbium* de Villefranche (Rhône); *G. gigantea* des Granges (Indre; coll. d'Orb.); *G. acreata* DESL. du Toarcien de May; *Lima proboscidea* et *Pleurotomaria granulata* du Bajocien de Bayeux; *G. dilatata* de Summertown, près Oxford; Bélemnites de Vendée (Pl. XX, fig. 1), du Poitou, de Normandie, etc. Les Ammonites n'en présentent jusqu'ici que quelques cas douteux; les Brachiopodes, aucun.

Au-dessus du Callovien, je n'en ai pas trouvé dans le Jurassique français; la collection Fischer, au Muséum, en possède sur *Belemnites absolutus* FISCH. du Kimeridgien de Moscou.

Du Néocomien datent deux Bélemnites de la coll. Fischer (Pl. XX, fig. 3 et 4) dont l'une porte des loges de taille normale; l'autre, de très petites, longues d'environ 0,5 mm. On en voit aussi sur *Ptychoma neocomiensis* de Belley (Ain). Je ne les retrouve ensuite que dans le Cénomanién de l'W, sur *Pycnodonta biauricula* (Pl. XX, fig. 6) *Exogyra columba* Pl. XX, fig. 7. *Janira quinquecostata*, etc., puis seulement sur *Actinocamax quadratus* de Crépy-en-Laonnois, *Belemnitella mucronata* de Meudon Pl. XX, fig. 2), et *Ficulopsis guitoni* BASSE type du Crétacé de Madagascar. Les loges perforant la *B. mucronata* sont très petites, visibles à travers la paroi translucide du support².

La population se réduit au Nummulitique : une recherche suivie ne m'a rien donné dans l'Éocène parisien. Au Burdigalien et à l'Helvétien, les Acrothoraciques redeviennent abondants : en Bordelais, sur *Murex*, *Conus*, *Ranella*, etc.; en Touraine et en Anjou, sur *Melongena cornuta* (Pl. XVIII), *Terebra* (Pl. XIX, fig. 2 et 3), *Conus*, *Cerithium*, *Cypraea*, *Venus* (Pl. XIX, fig. 4), *Chama* (Pl. XIX, fig. 5), *Arca*, etc. *Cladangia*, *Dendrophyllia*... et enfin perforant la roche calcaire du gisement des faluns, habitat inconnu chez les Acrothoraciques actuels (Pl. XIX, fig. 1). Au Pliocène, la population se réduit de nouveau : les exemplaires en sont rares et douteux.

1. Un exemplaire de *Stringocephalus Burtini* de l'Eifel semble toutefois en présenter.

2. Des loges d'Acrothoraciques sont visibles sur des photographies de *Ceritella prætori* CRAGIN, du *Caprina limestone* de Texas. (YOUNG K. (1952); Redescription of two Gastropods. *Journ. Pal.*, vol. 26, n° 5, pl. 120, fig. 4, 9, 13).

Cette faune paraît assez homogène, sans variation sensible d'aspect ou de dimensions (en exceptant les deux groupes nains, peut-être formés de jeunes). Elle s'accommode, nous l'avons vu, de faciès divers et d'habitats multiples, dont certains inconnus : coquilles de Céphalopodes, roches. Ces habitats nouveaux paraissent rendre impossible le rattachement de ces Acrothoraciques à aucun genre vivant. Je n'ai pas observé chez eux de bourrelets extérieurs — formations fragiles, il est vrai — tels qu'en présentent les bons spécimens de *Rogerella*, qui vivait sur tests d'Oursins. Je propose de désigner ces organismes sous le nom de *Zapfella pattei* ¹.

DIAGNOSE DU GENRE : *Cirripède acrothoracique fossile creusant des loges à ouvertures virguliformes dans des coquilles de Mollusques, des Coraux et des roches.*

DIAGNOSE DE L'ESPÈCE : celle du genre, jusqu'à division de celui-ci.

GÉNOTYPE : groupe sur *Melongena cornuta* AG. de l'Helvétien de la Beurlière (Anjou). Coll. Welsch, Poitiers (Pl. XVIII).

Quant aux exemplaires de H. Zapfe, ils sont nettement plus grands que la faune ici décrite, et le bout étroit de leur ouverture moins aigu. Un *Murex aquitanicus* de Grund (Bassin de Vienne), à la Faculté d'Angers, est perforé de loges de 5 mm sur 1 mm, chiffres voisins de ceux de H. Zapfe, et à larges ouvertures mousses. La forme austro-hongroise est probablement une espèce différente.

Le présent travail, bien que très incomplet, semble indiquer que la population acrothoracique a présenté des variations considérables de densité entre des périodes maximales (Lias, Néocrétacé, Miocène) et des périodes de régression, et qu'en ces âges favorables elle fut beaucoup plus abondante que de nos jours.

BIBLIOGRAPHIE

- AURIVILLIUS C. W. S. (1894). — Studien über Cirripeden. *Kongl. Svenska Vet. Ak. Handling*, vol. 26, n° 7.
 BERNDT, W. (1903). — Die Anatomie von *Cryptophialus striatus* BERNDT. *Sitz.-Ber. Gesellsch. naturf. Freunde*.
 — (1906). — Studien an bohrenden Cirripeden. *Arch. f. Biontologie*.
 — (1907). — Über das System der *Acrothoracica*. *Arch. f. Naturgeschichte*, Jahrg. 73, Bd 1.

1. Le nom spécifique est dédié à M. le Doyen Patte, en témoignage de reconnaissance.

- DARWIN Ch. (1851-1854). — A monograph of the Sub-Class of *Cirripedia*. Roy. Soc. London.
- GENTHE (1905). — Some notes on *Alcippe lampas*. *Zool. Jahrb., Abteil Anatomie u. Ontogenie*, Bd 21, p. 181-200.
- HANCOCK A. (1849). — Notice of the occurrence on the British Coast of a Burrowing Barnacle belonging to a new Order of the Class *Cirripedia*. *Ann. Mag. nat. Hist.*
- HIRO F. (1937). — Occurrence of an Acrothoracican Cirriped in Japan. *Zool. Mag, Tokyo*, vol. 49, p. 133-136.
- KUHNERT L. (1934). — Beitrag zur Entwicklungsgeschichte von *Alcippe lampas* HANCOCK. *Z. Morph. Ekol.*, Bd 29, p. 43-78.
- NILLSON-CANTELL (1921). — Cirripedenstudien. *Zool. Bidrag fr. Upsala*.
- NOLL F. C. (1875). — *Kochlorine hamata*. *Zeitschr. f. Wiss. Zool.*, Bd. XXX, p. 183.
- (1883). — *Kochlorine bihamata*. Zur Verbreitung von Kochlorine. *Zool. Anz.*, 6 Jahrb., p. 471.
- SAINT-SEINE R. DE (1951). — Un Cirripède acrothoracique du Crétacé : *Rogerella lecointrei*, nov. gen. nov. sp. *C. R. Ac. Sc.*, t. 233, p. 1051-54.
- UTINOMI H. (1930). — A new remarkable Coral-boring Acrothoracican Cirriped. *Mem. Coll. Sc. Univ. Kyoto*, ser. 19, n° 3, art. 18.
- (1950). — Another form of Acrothoracica. *Ibid.*, ser. 19, n° 3, art. 19.
- ZAPPE H. (1935). — Spuren bohrenden Cirripeden in Gastropoden-Gehäusen des Miozäns. *Senckenbergiana*, Bd 17.

LÉGENDE DES PLANCHES XVIII A XX

PL. XVIII.

- FIG. 1. — *Zapfella pattei* (type) sur *Melongena cornuta* AG. Helvétien de la Beurlière (Anjou). Coll. Welsch, Poitiers. Gr. nat.
- FIG. 2. — Le même. × 3.
- FIG. 3. — Loges égueulées de *Z. pattei* sur *Melongena cornuta*. Helvétien de Noyant-sur-le-Lude (Anjou). Ma coll., Muséum. Gr. nat.

PL. XIX.

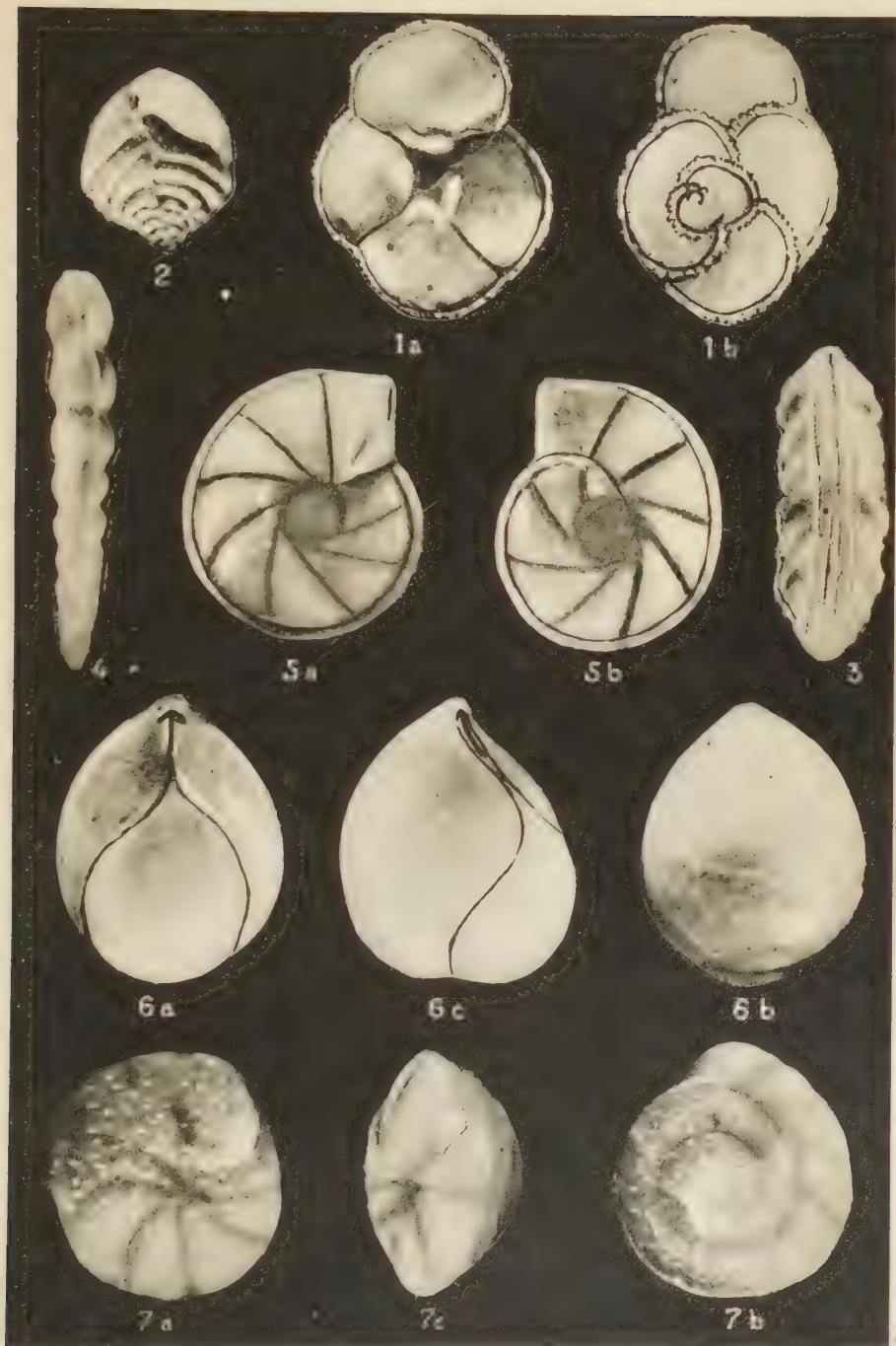
Loges de *Zapfella pattei* sur :

- FIG. 1. — Fragment de roche de Pontlevoy. Ma coll. Muséum. × 2.
- FIG. 2. — *Terebra*, probablement des faluns de Touraine. Coll. Fischer, Muséum. × 2.
- FIG. 3. — *Id.*, *ibid.* Exemplaire roulé montrant loges confluentes. × 2.
- FIG. 4. — *Venus subrotunda* DEFRANCE : loges égueulées. Ma coll. × 2.
- FIG. 5. — *Chama* : loges intactes et loges égueulées. Ma coll. × 2.
- FIG. 6. — *Oniscidia finlayi* LAWS. Miocène inférieur de Clisden (Nouvelle-Zélande). Muséum. × 2.

PL. XX.

Loges de *Zapfella pattei* sur :

- FIG. 1. — *Megateuthis parillosus* SCHLOTH. Lias moyen de Sainte-Cécile (Vendée). Coll. Rousseau, Poitiers. $\times 2$.
- FIG. 2. — *Belemnitella mucronata* de Meudon. Forme naine. Loges visibles à travers support translucide. Coll. Poitiers. $\times 2$.
- FIG. 3. — *Neohibolites* sp. Néocomien des Castellane. Forme naine. Coll. Fischer. $\times 2$.
- FIG. 4. — *Id.*, *ibid.* Forme normale. Coll. Fischer. $\times 2$.
- FIG. 5. — *Gryphea arcuata*. Indre. Loges égueulées. Coll. Poitiers. $\times 2$.
- FIG. 6. — *Pycnodonta biauriculata*. Saint-Savinien (Charente-Maritime). Coll. Rousseau. $\times 2$.
- FIG. 7. — *Exogyra columba*. Vendeuivre (Vienne). Coll. Rousseau. $\times 2$.





1

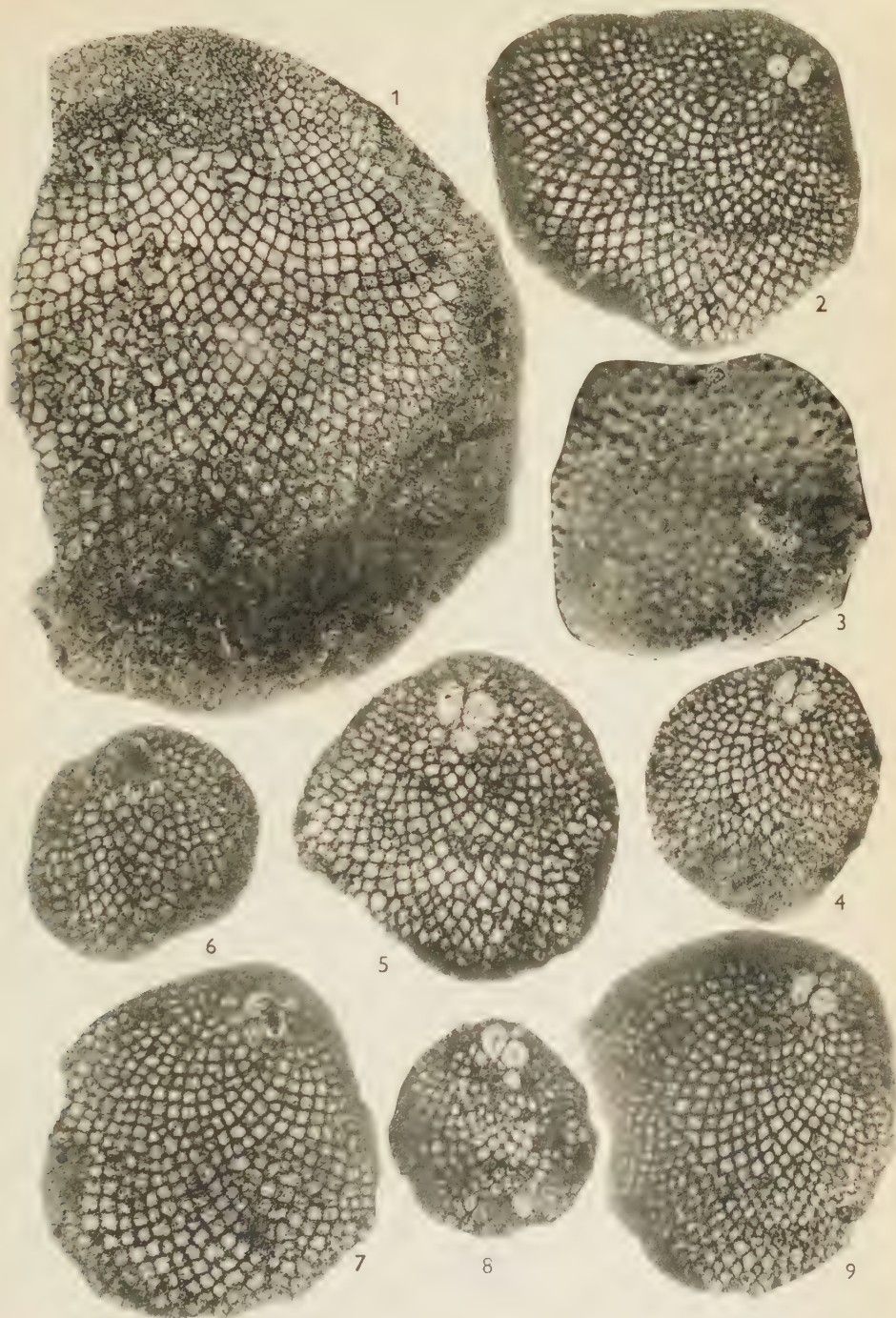


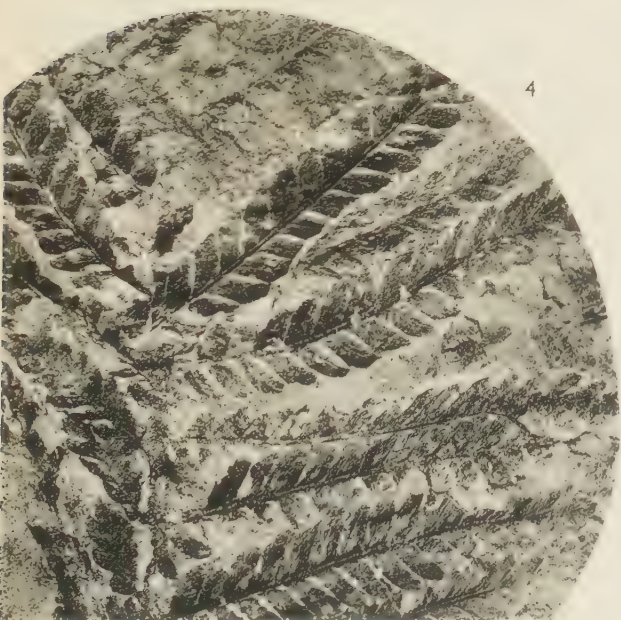
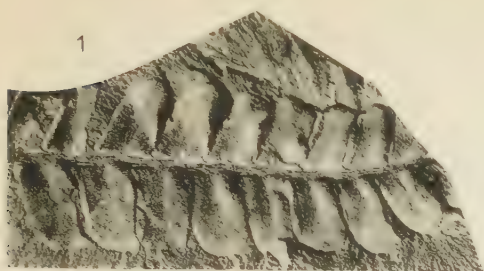
2

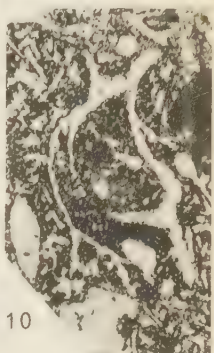
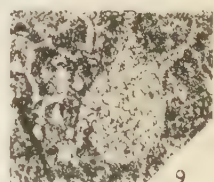
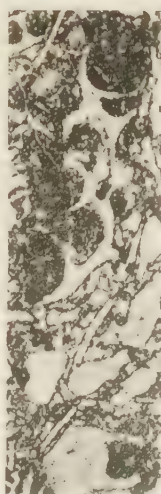
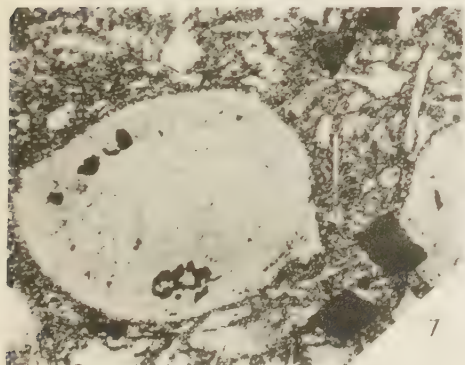
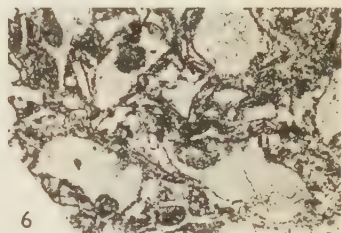
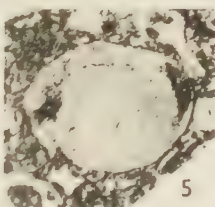
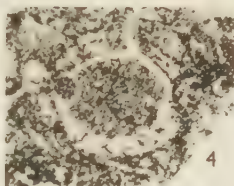
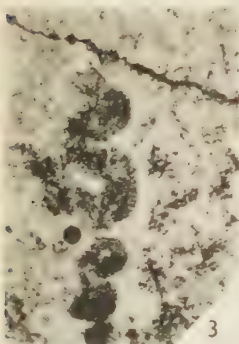
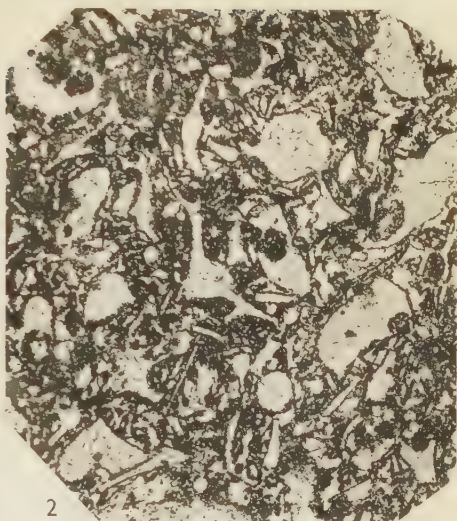
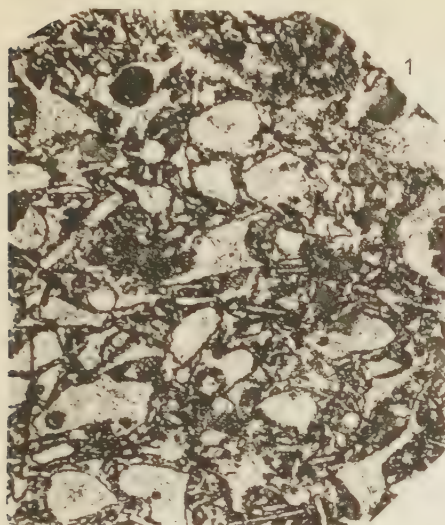


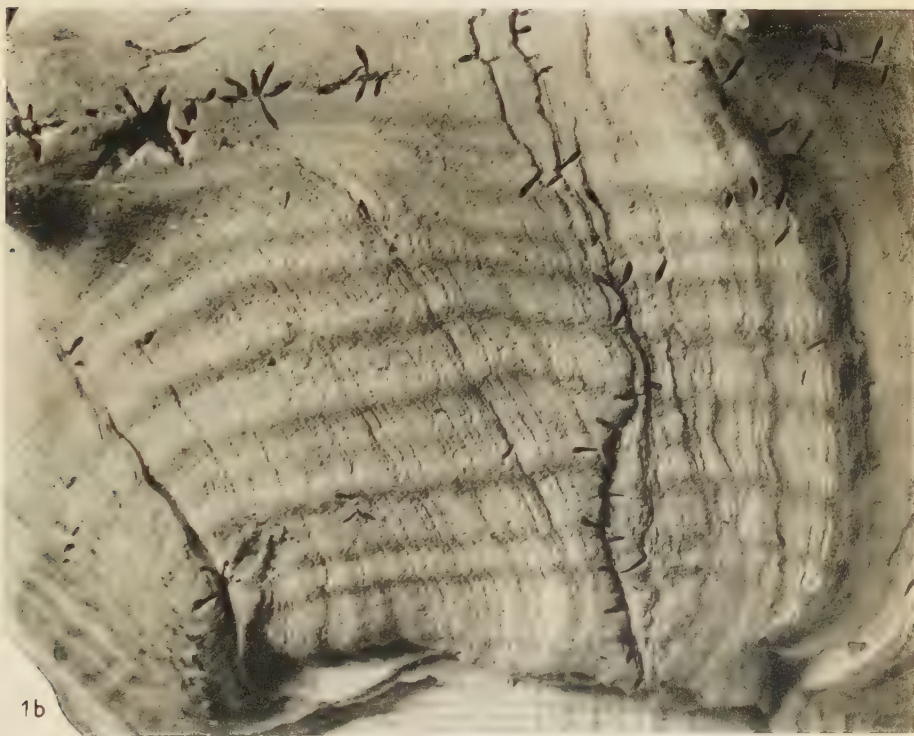
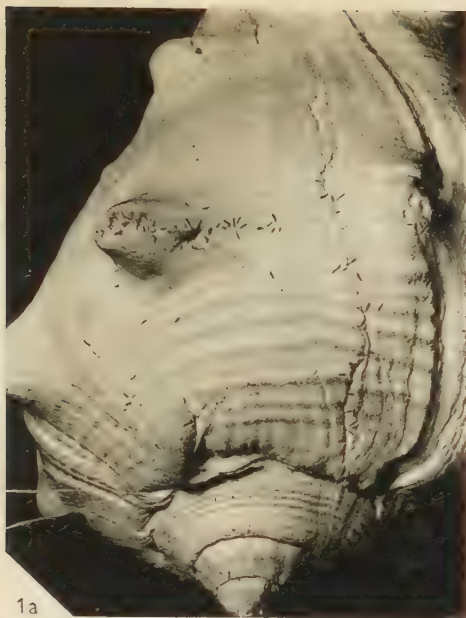
3

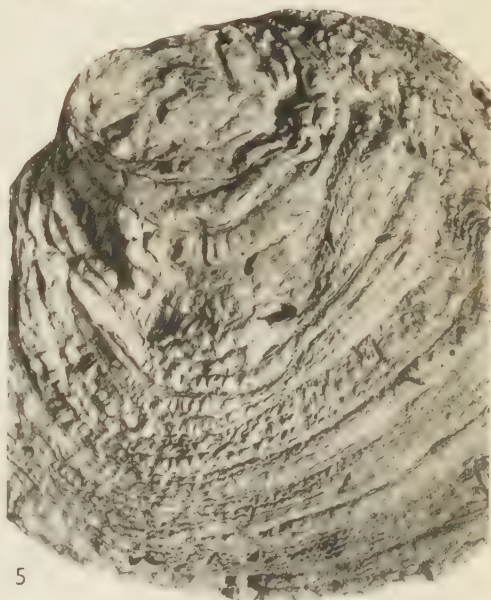
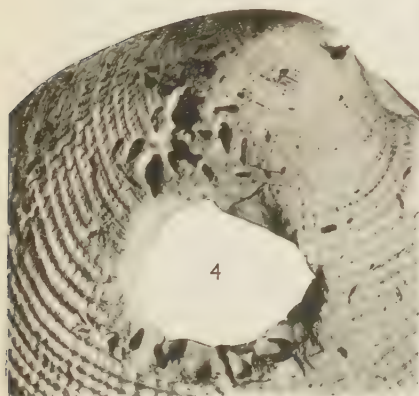
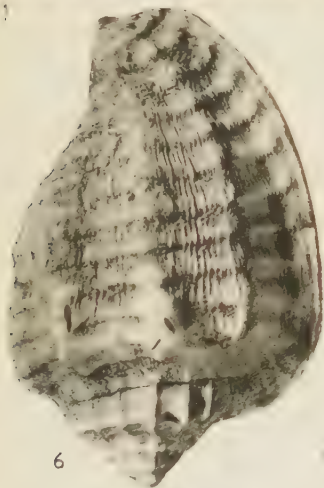
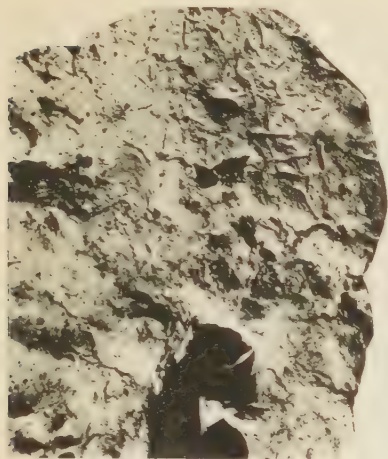






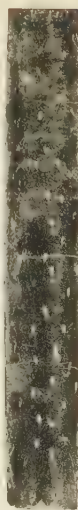








2



3



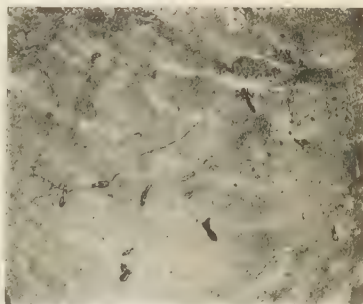
4



5



6



7

SUR LA TECTONIQUE DES CAUSSES DU QUERCY

PAR **Bernard Gèze** ¹.

Sommaire. — Les accidents tectoniques majeurs des Causse du Quercy peuvent être groupés suivant trois directions : armoricaine dans la moitié nord, de Villefranche dans la moitié sud, pyrénéenne dans l'ensemble du pays. Hypothèses sur leur genèse.

Mais il existe aussi des accidents mineurs (genoux, plis-failles pouvant passer à failles-plies, pincées synclinales et anticlinales), de directions beaucoup plus variées et qui semblent, pour la plupart, devoir s'expliquer par des torsions, distensions et compressions à la périphérie des dômes ou dans les zones redressées situées en bordure du Massif Central.

Introduction.

Les Causse du Quercy correspondent à la région de terrains secondaires qui s'étend entre les sédiments tertiaires du Bassin aquitain et le socle du Massif Central, depuis le horst de Terrasson et le bassin houiller de Brive au N, jusqu'au dôme de la Grésigne, devant le golfe de l'Albigeois, au S ².

Leur structure d'ensemble est assez simple puisque, en règle générale, on voit se succéder, de l'E à l'W, le Permien (discontinu), le Trias, les divers termes du Jurassique (qui constituent les Causse proprement dits), enfin le Crétacé supérieur (dans le NW seulement), avec un plongement assez doux en direction du centre du Bassin aquitain.

Dans le détail, ces grandes lignes se trouvent fréquemment troublées par des accidents, sans doute de peu d'ampleur, mais qui suffisent à modifier sensiblement le schéma trop simpliste d'une bordure sédimentaire reposant calmement sur un massif ancien.

1. Note présentée à la séance du 15 mars 1954.

2. Feuilles géologiques au 80 000^e de Brive, Gourdon, Figeac, Cahors, Rodez et Montauban. On ne trouvera presque aucun des accidents décrits dans cette note sur les feuilles de Gourdon et Rodez (1^{re} et 2^e éd.) dont les contours sont souvent bien éloignés de la réalité. Celle de Figeac (2^e éd.), révisée par Mouret, figure au contraire un peu trop de failles mais est habituellement très bonne. J'ai révisé les feuilles de Brive (3^e éd.), Cahors et Montauban (2^e éd.).

Noter une inexactitude de ma part à la limite nord de la feuille de Cahors, publiée avant que soit reconnue, par mon collaborateur et ami A. Cavaillé, la faille de Mouisset qui coupe la route de Limogne à Cajarc.

31 mai 1955.

Bull. Soc. Géol. Fr. (6), IV. — 29

Il existe en effet un bon nombre de plis, habituellement à grand rayon de courbure, des dômes et des cuvettes dont les limites sont plus fortement redressées, surtout un réseau de failles et de flexures violentes, qui règnent principalement au travers de la zone liasique, bien que se poursuivant parfois d'un côté jusque dans le socle ancien et de l'autre jusque dans le Jurassique supérieur, avec des rejets se neutralisant ou même changeant de sens, mais une continuité longitudinale certaine.

Par ailleurs, à côté de ces accidents majeurs ressortissant de la tectonique classique, on rencontre fréquemment des accidents mineurs qui, moins spectaculaires par leurs dimensions et presque indiscernables sur une carte au 80 000^e, n'en ajoutent pas moins une touche très caractéristique et méritent réflexion.

I. Les accidents majeurs.

1. LES FAILLES (fig. 1). — Dans des notes et ouvrages nombreux, E. Fournier, Ph. Glangeaud, C. Mouret et A. Thévenin ont déjà décrit la plupart des accidents majeurs du Quercy. Mes observations n'ont guère à cet égard qu'une valeur complémentaire.

Parmi les failles, il est permis de distinguer trois directions principales : direction « armoricaine » NW-SE à NNW-SSE, direction « de Villefranche », faisant suite à celle du Grand Sillon houiller (NNE-SSW) et direction « pyrénéenne » W-E à WNW-ESE.

La première direction domine dans les régions au N du Lot. Elle correspond pour une part à la bordure des terrains sédimentaires depuis l'E du bassin de Brive jusque vers Capdenac et à de petits accidents voisins de cette bordure, mais aussi au prolongement des rides plus ou moins faillées du N de l'Aquitaine (pli-faille de Mareuil se poursuivant sans doute vers Lacassagne, mais non vers Meyssac comme il est pourtant classique, pli-faille de Périgueux-Saint-Cyprien, suivable jusqu'à Cazals). Les accidents hercyniens anté- et post-stéphaniens orientent manifestement la tectonique postérieure, bien datée pour sa phase majeure d'après le Jurassique et avant le Cénomanién, ce qui permet vraisemblablement de la rattacher au premier épisode pyrénéen ; les rejeux ultimes appartiennent néanmoins à des phases tertiaires, difficiles à préciser ici.

La deuxième direction règne au contraire seulement au S du Lot. Elle est surtout matérialisée par la grande faille de Villefranche, relayée vers le S par la faille de Marnaves. Des jeux hercyniens, poststéphaniens, postpermien et antétriasiques (région



FIG. 1. — Croquis tectonique des Causses du Quercy.

de Najac), probablement lutétiens, en tout cas plusieurs de l'Oligocène (3 à la Colombarié, au N de Marnaves) peuvent être distingués.

Ces deux systèmes de failles, armoricain et de Villefranche, présentent presque constamment des regards sud-ouest et nord-ouest et concourent donc à l'affaissement du Bassin aquitain par rapport au Massif Central.

La troisième direction recoupe franchement les précédentes dans l'ensemble de la bordure orientale du Quercy. Plus de 25 failles lui appartiennent, depuis celle de Condat-Meyssac au N, jusqu'à la faille-limite du dôme de la Grésigne au S. On peut envisager que cette direction est héritée de celle des sillons stéphaniens du Massif Central méridional (visibles notamment dans le proche « détroit de Rodez » ou le bord septentrional du bassin de Carmaux), mais il est vraisemblable que la plupart ont surtout joué à l'Éocène moyen et plusieurs vont jusqu'à intéresser le Stampien.

Un fait remarquable est que l'aire de répartition des accidents W-E à WNW-ESE de la bordure aquitaine, du Rouergue, de la Montagne Noire, des Grands Causses, des Cévennes et du Bas-Languedoc se limite strictement vers le N à une ligne joignant à peu près Brive à Largentière, soit à une distance d'environ 200 à 250 km de l'axe pyrénéo-provençal. Il semble que l'on puisse en conclure avec quelque vraisemblance qu'il s'agit bien réellement d'accidents « pyrénéens » et que l'on ait ainsi une précision intéressante sur les possibilités de retentissement latéral de l'orogénèse de cette chaîne.

Ces failles pyrénéennes ont, en outre, des caractères qui diffèrent sensiblement des précédentes. Habituellement moins longues et moins continues, elles n'ont souvent qu'un faible rejet, passent à des flexures, ont des regards tantôt nord et tantôt sud, en un mot modifient beaucoup les contours de détail mais non les relations d'ensemble.

2. LES PLIS. — Les plis du Quercy, parfois très vifs, n'ont aucune continuité. Le régime est plutôt celui de dômes et de cuvettes à première vue très désordonnés, mais un examen plus attentif permet de reconnaître des directions privilégiées conformes à celles des failles.

Suivant la direction armoricaine, on peut admettre l'existence d'un premier alignement bordier comprenant le dôme de Brive (le bassin stéphano-permien est en réalité un dôme, ou demi-dôme, par rapport aux terrains secondaires), et ceux de Beaulieu et de Bannes, à cœurs cristallins. Un deuxième alignement, plus

externe, pourrait passer par le horst cristallin de Terrasson, des ondulations entre Souillac et Martel, les petits dômes d'Alvignac, Flaujac, Livernon, Corn et Saint-Pierre-Toirac. Le dôme de Saint-Cyprien et le bombement de Cazals correspondraient à un troisième alignement, suite de l'axe de Périgueux décrit par Ph. Glan-geaud.

Suivant la direction de Villefranche, un alignement bordier englobe les demi-dômes de Saint-Igest, de Villefranche (très aplati), de Villevayre, de Vaour (avec ses satellites), de la Grésigne et de Puycelci, avec les remarquables cuvettes tertiaires d'Asprières au N et de Varen au S. Un second alignement, externe, se dessine par le dôme complexe (partiellement antébajocien) de Caussanels, le dôme de Laramière, le dôme de Puylagarde (ou de Mandavy), puis des ondulations dans les zones de Caylus, Saint-Antonin et Bruniquel où l'élément le plus clair est la cuvette de Casals.

Suivant la direction pyrénéenne, en dehors des flancs de dômes dont il sera question plus loin, la seule zone où se dessinent des alignements est celle du Lot, depuis les environs de Capdenac à l'E jusqu'à Puy-l'Évêque et Fumel à l'W. On y trouve notamment les dômes allongés de la Madeleine, de Saint-Martin-Labouval, de Cabrerets, etc... ; enfin, le Jurassique dessine un axe anticlinal entre le Crétacé au N et le Tertiaire au S.

A titre d'hypothèse, il semble permis de concevoir la genèse de tous ces plis ou alignements de dômes de la façon suivante : le socle ancien plonge vers le SW dans la partie au N du Lot, vers le NW dans la partie au S du Lot. Dans ces deux zones, et selon les directions de plongement respectives, la couverture sédimentaire aurait glissé imperceptiblement par tranches élémentaires, notamment sur les zones argileuses du Trias supérieur, de l'Hettangien inférieur, du Charmouthien moyen et du Toarcien. Ce glissement n'aurait été vraiment possible que dans les zones bordières où le Trias et le Lias se trouvaient décapés par l'érosion antérieurement même au Cénomanién et aurait été au contraire freiné vers l'W par la masse rigide du Jurassique moyen et supérieur calcaire. Ainsi s'expliquerait la présence de deux froncements, l'un mineur près de la limite du Dogger, l'autre majeur près de la limite actuelle du socle, leur gaufrage ultérieur par les mouvements pyrénéens pouvant motiver en outre l'alternance de dômes et de cuvettes.

Enfin, la composante des deux glissements aurait entraîné le ridement de la zone du Lot, suivant la bissectrice W-E de l'angle formé près de Capdenac par les bordures du socle. Ainsi aurait été provoqué l'ensemble des brachyanticlinaux nombreux jusque vers le confluent du Lot et du Célé, mais même un peu au S vers

Limogne, moins fréquents ensuite bien que parfois très vifs et allant jusqu'à un style d'extrusions dans l'W (voir plus loin la question des pincées) ¹.

L'hypothèse ci-dessus ne peut cependant tout expliquer. Des horsts ou des dômes intéressant le socle (Terrasson, Beaulieu, Bannes) doivent évidemment leur origine à de véritables phases tectoniques, ainsi que les plis antécénomaniens spectaculaires de Saint-Cyprien ou antébajociens de l'W de Villefranche.

Par ailleurs, F. Ellenberger a supposé ² un « flux de matière » vers le S pour la région méridionale des Causses du Quercy et, sans aller aussi loin, j'ai également souligné ³ l'apparence de virgation forcée double pour les plis simples ou faillés de la Grésigne entre Bruniquel et Marnaves. En tout état de cause, des déversements en direction du golfe tertiaire de l'Albigeois jusqu'après le Stampien demeurent incontestables.

II. Les accidents mineurs.

1. GENOUX, PLIS-FAILLES ET FAILLES-PLIS. — La plupart des dômes, surtout ceux dont l'ossature est constituée par les grès massifs du Rhéto-Trias, sont caractérisés par des plongements assez brutaux sur leurs flancs. Si les couches gardent une certaine plasticité, on observe des flexures, ou mieux des genoux, tout à fait caractéristiques du Quercy, où on en compte des dizaines.

Les trois exemples des genoux de Faycelles (dôme de la Madeleine), de Cabady (dôme de Villevayre) et de Saint-Igest (fig. 2 A) sont démonstratifs à cet égard. Tous trois se produisent entre la dalle rhéto-triasique (l_1 - t^3) et les masses résistantes constituées par les calcaires du Bajocien (J_{IV}) ou de l'Hettangien supérieur (l^{1b}); mais le dernier présente déjà un étirement ⁴.

On passe ainsi au cas où la déformation a dépassé le seuil de rupture des couches les moins plastiques, notamment des grès du Rhéto-Trias et des calcaires du Lias. Deux exemples, pris à la

1. Il est possible qu'il existe aussi de petits plissements dans la grande aire du Causse de Gramat occidental (voir F. M. BERGOUNIOUX, *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, t. 43, 1942, n° 210), mais la plupart sont fort désordonnés et se trouvent dans la zone d'affleurements virguliens, ce qui pousse à se demander s'il ne s'agirait pas de plissements résultant de glissements sous-marins contemporains du dépôt, compte tenu de sa nature pétrographique marno-calcaire assez particulière.

2. ELLENBERGER F. (1943) : *C. R. somm. S. G. F.*, p. 196.

3. GÈZE B. (1943) : *Ibid.*, p. 198 ; (1944) : *Ibid.*, p. 11.

4. La faille figurée à Faycelles sur la feuille de Figeac (2^e éd.) ne semble pas exister. De même, les trois failles parallèles dessinées à Saint-Igest sur la feuille de Rodez (2^e éd.) n'ont aucune réalité et tous les contours de cette zone sont assez erronés.

périphérie du dôme de Vaour illustreront la succession des phénomènes observables (fig. 2 B).

Au SE du dôme à cœur permien (r_1), le plongement du Rhéto-Trias (l_1-t^3) va en s'accroissant jusqu'à une ligne SW-NE, prolongement de la faille de

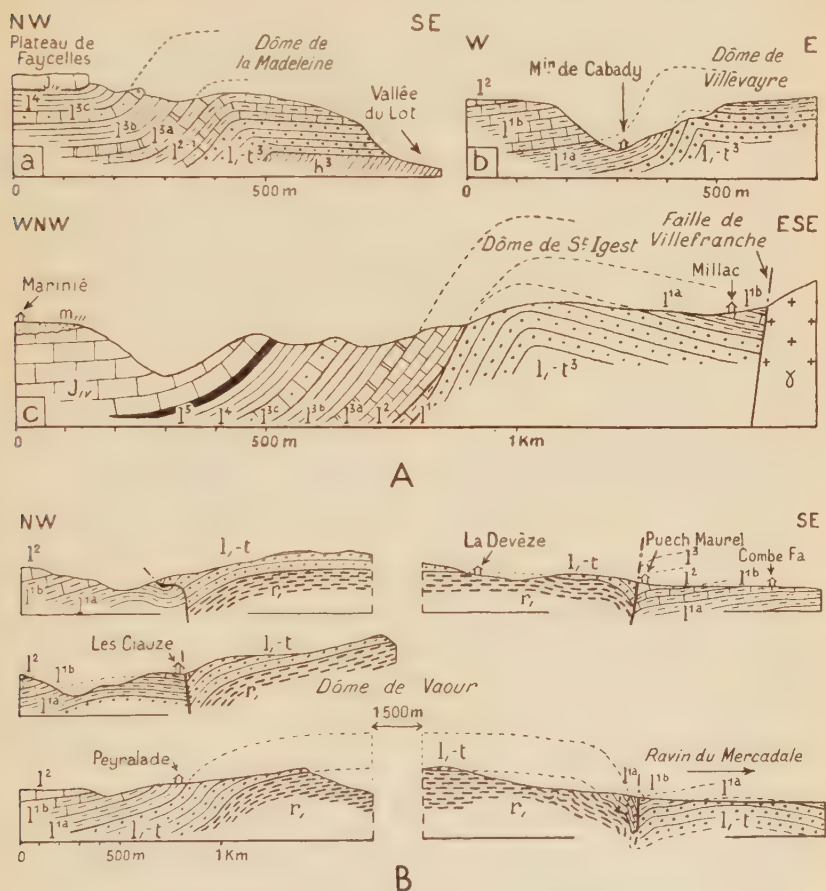


FIG. 2. — A : Types de genoux en bordure des dômes. — B : Types d'évolution de genoux en plis-failles et failles-plis sur les bordures du dôme de Vaour.

Caguioul, où les couches sont verticales devant un Hettangien (l^1) plongeant doucement en sens inverse ¹. Plus au NE, le Sinémurien (l^2) et le Charmouthien (l^3) viennent eux-mêmes au contact du Rhéto-Trias, accusant ainsi l'intensité du pli-faille.

1. Voir la feuille de Montauban (2^e éd.), ainsi que, pour l'essentiel des caractères structuraux de cette région : F. ELLENBERGER (1937 et 1938) : *Bull. Soc. Hist. nat. Toulouse*, t. 71, p. 195-246 et t. 72, p. 327-364.

Au NW de ce même dôme se développe un accident symétrique, débutant par une flexure près de Peyralade pour passer à un pli-faille, près des Ciauze ; mais la faille subverticale se recourbe ensuite jusqu'à ce que le Rhéto-Trias recouvre franchement à l'horizontale les calcaires en plaquettes de l'Hettangien sur 50 à 200 m. Il semble que l'on ait affaire ici à un petit accident exactement comparable aux failles-plis du Jura.

En plus grand, il est permis de se demander si l'accident majeur qui limite au S le dôme de la Grésigne ne résulte pas d'une évolution analogue. Le genou bordier a dégénéré en pli-faille légèrement chevauchant et il est possible que la faille se soit elle-même plissée pour recouvrir les dépôts tertiaires grossiers résultant du démantèlement du dôme vers Saint-Martin-de-Vère.

En résumé, les cœurs des dômes dessinent le plus souvent des intumescences bien délimitées, dont le toit est subhorizontal et dont la périphérie garde le calme initial. Entre les deux, les flancs se montrent vivement redressés. Lorsque le seuil de rupture n'est pas atteint, nous aurons des genoux ; lorsque la flexure périphérique passe à une faille, le cœur du dôme présentera la tendance au débordement, le tout se rapprochant un peu du style « en champignon ». Enfin, après une phase d'érosion, dans des conditions de tectonique tout à fait superficielle, le pli-faille dégénérera en faille-pli, selon la terminologie récemment définie par L. Glangeaud¹.

2. PINCÉES SYNCLINALES ET ANTICLINALES. — Des accidents, qui paraissent appartenir à un type analogue aux « pincées » de L. Glangeaud², existent aussi en de nombreux points du Quercy. Il en est de grande taille, qui se rapprochent un peu des véritables fossés d'effondrement, par exemple au N de Beaulieu, à l'E du dôme de Brive, mais surtout près de Najac, à l'E du dôme de Villevayre (fig. 3 a).

Dans ce dernier cas, un paquet de Rhéto-Trias et Hettangien, large de 350 m, se trouve conservé au milieu du Stéphano-Autunien ($r_{\text{h}}-h^1$) et du Saxonien (r_1), parallèlement à la faille de Villefranche, près de la zone où elle s'amortit pour être relayée par la faille de Marnaves.

Dans d'autres cas, les pincées sont moins larges, mais encore plus spectaculaires :

Ainsi, au SW de Saint-Céré, sur le trajet de la faille de Padirac, on observe une lame de Bathonien (J_{1-III}), puissante de 20 à 50 m, dont les bancs sont redressés de 60° S à la verticale, entre une série liasique et un Dogger subhorizontal (fig. 3 b). L'accident n'est évident que sur une longueur de 500 m,

1. Voir la définition précisée dans : GLANGEAUD L. (1949) : Les caractères structuraux du Jura, *B. S. G. F.*, (5), XIX, p. 669.

2. GLANGEAUD L. (1943) : *C. R. Ac. Sc.*, t. 216, p. 671 et (1949) : *Op. cit.*

mais il est possible qu'il constitue la suite du petit fossé S d'Autoire, 4 km plus à l'W, où un Bathonien fortement plissé est également séparé par failles de l'Hettangien au S, de l'Aalénien et du Bajocien au N¹.

Un troisième exemple, pris dans le N de la Grésigne, semble présenter le terme ultime des pincées au sens de L. Glangeaud.

Près du dolmen de Vaour (fig. 3 c), sur quelques dizaines de mètres de largeur et une centaine de longueur, au milieu des calcaires sinémuriens plongeant doucement vers le NW, se trouve, dans le plus complet désordre, un échantillonnage des divers termes du Charmouthien, du Toarcien et de l'Aalé-

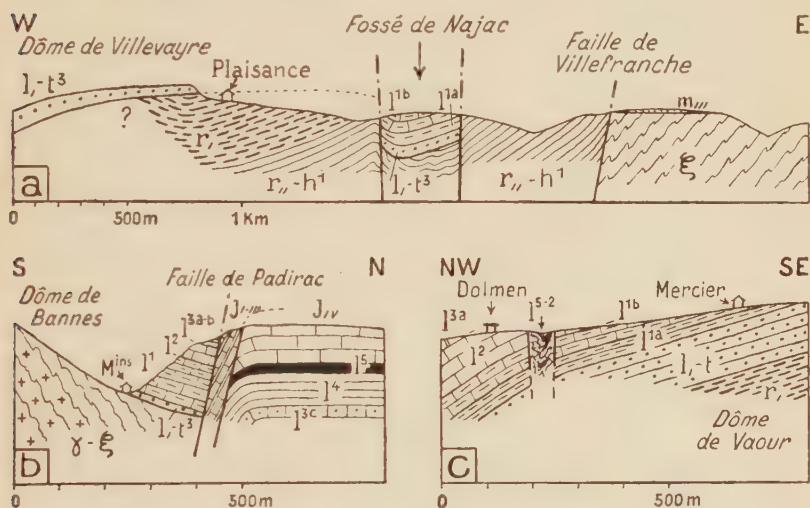


FIG. 3. — Types de pincées synclinales.

nien. Fournier, qui l'avait observé assez superficiellement, y figurait une faille ; Thévenin proposait d'y voir le résultat d'un effondrement sur un réseau karstique (hypothèse reprise plus récemment par F. Ellenberger). Sans nier la possibilité d'un tel mécanisme en ce point précis, j'ai remarqué que l'effondrement se trouvait sur une ligne tectonique particulière présentant ailleurs le seul caractère d'une pincée très resserrée. Au SW, vers Grèzes, le Charmouthien chaotique est inclus dans le Sinémurien tranquille. Au NE, vers Rousseyrolles, Hettangien et Sinémurien sont fortement plissottés, puis, au-delà d'une interruption sur le trajet du petit dôme triasique de Grézelles, le Sinémurien apparaît broyé jusqu'à Milhars, des anomalies étant donc visibles sur une dizaine de kilomètres de long².

A côté de ces accidents, que l'on peut considérer comme de petits fossés ou de petits synclinaux étroitement écrasés et aux-

1. Voir la feuille de Brive (3^e éd. à l'impression). La 2^e éd. est légèrement inexacte dans cette région.

2. Voir les feuilles de Montauban et Cahors (2^e éd.).

quels je propose d'attribuer, en complétant un peu la terminologie de L. Glangeaud, le nom de *pincées synclinales*, il en est d'autres, fort analogues quoique symétriques puisqu'ils résultent du serrage de petits horsts ou de petits axes anticlinaux et que je dénommerai *pincées anticlinales*.

Le plus frappant se trouve au NW d'Issepts (fig. 4 a, b). Dans cette région¹, on voit concourir, sans qu'elles se rejoignent tout à fait, une faille WNW-ESE (de Fons) et une faille NNW-SSE (de Reyrevignes-Frontenac). Dans l'intervalle entre les deux, les calcaires sinémuriens (J²), parfois accompagnés d'un peu de Charmouthien inférieur (J^{3a}), giclent à la verticale hors des marnes du Charmouthien moyen (J^{3b}) et des calcaires du Charmouthien supérieur (J^{3c}) en dessinant une barre, d'ailleurs discontinue, sur une longueur de 3 500 m et une largeur de 50 à 100 m.

Une pincée anticlinale analogue existe près de Verfeil (entre dôme de Villevayre et cuvette de Varen, feuille de Cahors, 2^e éd.). Le Sinémurien est d'abord vivement redressé devant une petite faille NW-SE passant au hameau d'Alzonne, puis, vers le NW, la faille s'amortit et l'on a un axe anticlinal très étroit où les calcaires sinémuriens verticaux se trouvent entre des flancs de Charmouthien beaucoup plus calmes (fig. 4 c).

Également, à Saint-Paul-de-Mamiac (feuille de Montauban, 2^e éd.), le Charmouthien vertical, suivi par le Toarcien, sépare en direction W-E deux plateaux d'Aalénien-Bajocien assez tranquilles. Sans doute, ici encore, une faille (de Vaour) limite-t-elle le Charmouthien au S, mais elle s'amortit vite dans l'W et elle n'a jamais un rejet suffisant pour expliquer ce type d'accident par sa seule présence (fig. 4 d).

De nombreux autres exemples pourraient être cités. J'en signalerai seulement un dernier, en raison de son caractère assez spécial : il s'agit d'une pincée anticlinale visible dans la vallée sèche joignant Concots à Arcambal (feuille de Cahors, 2^e éd.). Se trouvant dans l'alignement de la vallée du Vers, affluent de droite du Lot, elle avait fait croire à une faille N-S (feuille de Gourdon, 2^e éd.), qui ne me paraît pas réelle. Les calcaires blancs massifs probablement rauraciens (J^{3b}) percent brusquement les calcaires en dalles séquanaisiens (J⁴), mais les marno-calcaires kiméridgiens sus-jacents (J⁵) ondulent faiblement sans rien laisser deviner d'un accident aussi brutal (fig. 4 e). La succession stratigraphique étant partout ailleurs très régulière, il ne s'agit certainement pas du résultat d'un plissement antékiméridgien, mais seulement d'une pincée à caractère extrusif plus violente que les petits dômes qui existent plus à l'E dans le Bajocien et le Bathonien, vers Lugagnac et Limogne.

En règle générale, il semble que la genèse de ces pincées anticlinales ou synclinales ne puisse être mise en rapport direct avec les accidents majeurs du Quercy. Ce seraient plutôt des accidents de bordures des dômes, ou parfois des bordures du massif ancien, leurs directions pouvant donc être fort variées, quoique parfois identiques à celles des failles.

A titre d'hypothèse, leur formation pourrait s'expliquer de la

1. La feuille de Gourdon (1^{re} et 2^e éd.) n'a aucun rapport avec la réalité dans toute la zone liasique dont les nombreux accidents sont ignorés.

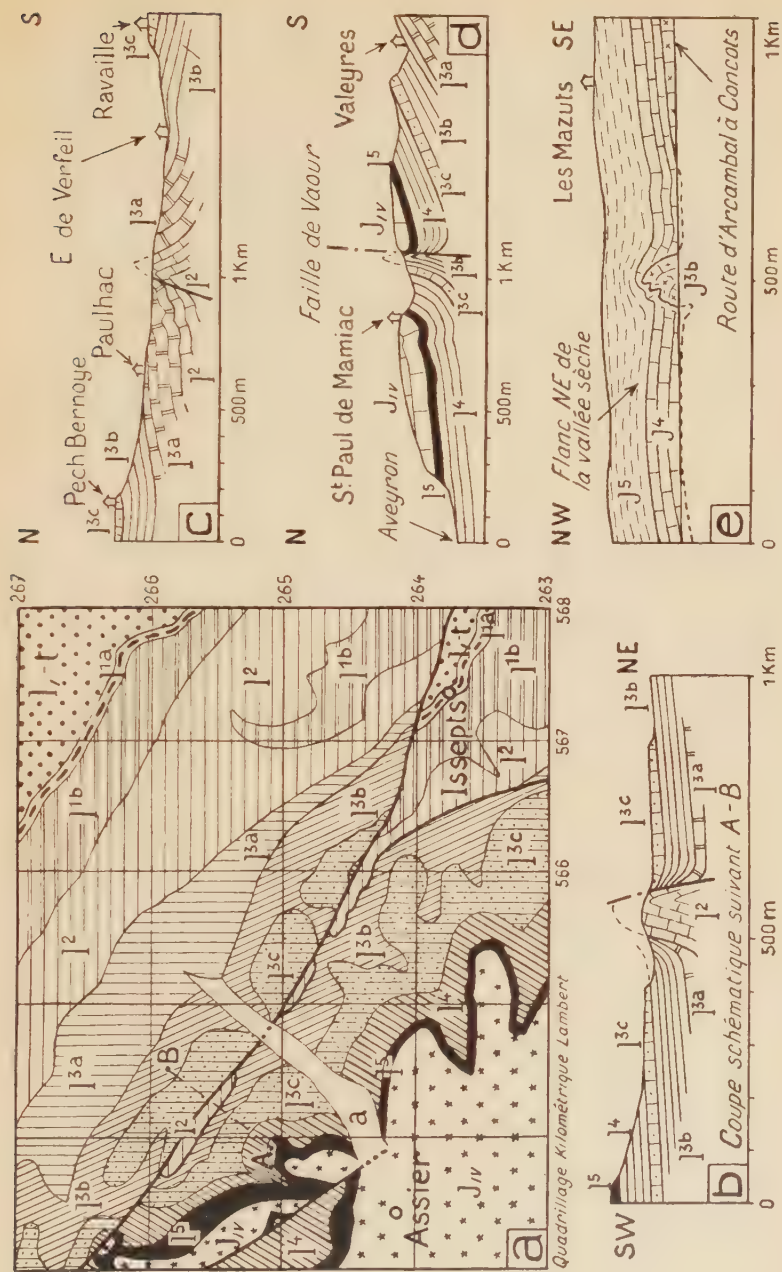


Fig. 4. — Types de pincées anticlinales.

façon suivante : lorsqu'un dôme n'est pas étroitement délimité par des flancs flexurés ou faillés qui donnent genoux, plis-failles et failles-plis, ainsi que nous l'avons vu plus haut, il subsiste néanmoins une zone à forts pendages séparant la région sommitale de la périphérie plus calmes.

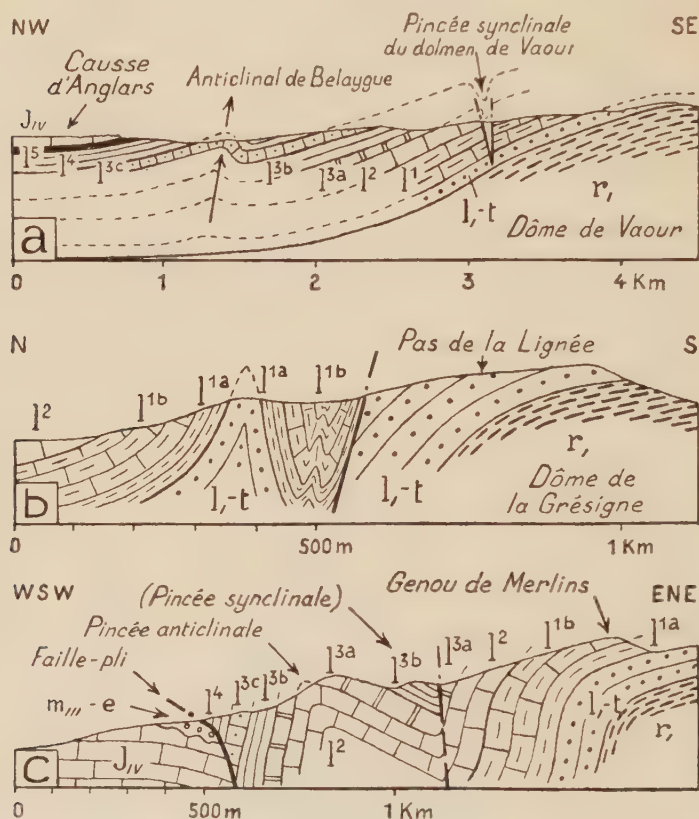


FIG. 5. — Types de groupements de pincées.

Dans cette zone, il semble que la courbure convexe du haut provoque dans les couches supérieures des fractures par distension, origines des fossés et des pincées synclinales. La courbure concave du bas entraînerait au contraire un repliement des couches supérieures et une sorte de giclage en horsts et pincées anticlinales.

Il va d'ailleurs sans dire que si l'un ou l'autre des accidents (fossés ou horsts) est suffisamment important, il suffira à lui seul pour assurer le réajustement de l'ensemble : fossé-pincée syncli-

nale de Najac à l'E du dôme de Villevayre, horst-pincée anticlinale d'Issepts au SW de la bordure du socle de Figeac.

C'est seulement dans le cas des accidents plus réduits que l'on pourra observer les deux à la fois : pincée synclinale de Vaour-Grèzes, sur le flanc nord-ouest du dôme de Vaour, suivie au NW par une ride anticlinale devant le Causse d'Anglars (fig. 5 *a*) ; pincées synclinales et anticlinales très resserrées du Pas de la Lignée au N du dôme de la Grésigne (fig. 5 *b*) ; groupe complexe comprenant faille-pli, pincées et genou, près de Merlins, à l'W du même dôme (fig. 5 *c*).

On pourrait être surpris, *a priori*, que des accidents assez semblables aient été décrits seulement, pour la France, dans le Jura et dans le Quercy, dont les autres caractères tectoniques ne paraissent tout de même pas équivalents. Il n'est pas question en effet, malgré leurs nombreux gauchissements et réseaux de failles, de faire des Causse du Quercy une chaîne plissée. Mais on peut se demander si ces accidents mineurs n'ont pas le plus souvent échappé à l'attention et si on ne les retrouverait pas à peu près dans toutes les régions dont les roches présentent des caractéristiques dynamiques analogues à celles qui ont été définies ici et qui ont été plissées, soit en anticlinaux et synclinaux, soit en dômes et cuvettes assez accusés, soit même qui s'appuient contre des massifs anciens avec un redressement suffisamment vif.

OBSERVATIONS.

M. François ELLENBERGER félicite M. Bernard Gèze pour sa très intéressante communication. Il constate avec plaisir que les conclusions de cette importante étude structurale, basée sur de patients levés de terrain, confirment les principales idées émises par lui-même, dans le cas particulier du massif de la Grésigne (1937, 1938, 1943 ; voir ci-dessus). M. Gèze, en collaboration avec M. Durand Delga, a pu apporter des compléments et des précisions importantes sur la structure de ce curieux dôme complexe, dont M. F. Ellenberger avait laissé l'étude inachevée du fait de la guerre. Une course commune a montré en 1945 aux trois auteurs leur accord sur l'essentiel ; quelques discussions amicales ont porté (outre des détails de contours), sur l'existence de certaines failles bordières (qu'il n'est pas toujours facile de distinguer d'escarpements oligocènes ensevelis sous les sédiments continentaux), ainsi que sur l'âge des conglomérats bordiers, qui montent certainement jusque dans le Stampien, au moins localement (passage aux calcaires de Cordes à l'E de Marnaves)¹.

1. Contrairement aux indications de la feuille de Montauban (2^e éd.).

Comme M. Gèze paraît du reste l'admettre ici, la faille bordière méridionale de la Grésigne doit avoir une signification tectonique fort différente de celle des failles droites, au rejet bien plus faible, orientées plus au N selon les directions E-W, NE et NNW. Ces petites failles formeraient au N de la Grésigne des arcs ou fragments de réseaux polygonaux plutôt qu'une vraie virgation. Leur « tangentialisation » locale tardive, bien mise en évidence par M. Gèze, paraît relever d'une tectonique épidermique probablement subaérienne connue aussi dans le détroit de Rodez (Y. Boisse de Black), la Provence (J. Goguel), le Jura, etc... La grande faille inverse, au tracé courbe, qui borde la Grésigne au S, est liée à la production du dôme permien, plus exactement du petit pli de fond cristallin qui lui sert presque nécessairement de noyau. Dômes et faille inverse impliquent un certain tassement horizontal privilégié de la matière crustale et épidermique dans le sens N-S. Ce raccourcissement est peut-être lié au coulissement vers le S, au Tertiaire, du compartiment ouest de la faille de Villefranche par rapport à son compartiment rouergat. Cette faille, en tant que cassure d'âge post-permien, s'éteint entre Lexos et Marnaves. Plus au S, le coulissement n'était plus possible : d'où le tassement sur lui-même, sur cette latitude, de l'un des deux compartiments. Si un tel schéma (F. Ellenberger, 1943) est exact, on s'expliquerait un fait signalé par M. Gèze : si les failles transversales E-W du Quercy oriental ne peuvent être suivies au-delà de la faille de Villefranche dans le Cristallin, c'est peut-être simplement parce que le rejeu coulissant de la faille de Villefranche en a décalé les tronçons. Selon M. P. Collomb, d'importantes fractures E-W existent bien dans le Cristallin à l'E de la faille, comme le révèle une étude attentive de ce pays très couvert.

M. René ABRARD rappelle la présence d'un repli anticlinal à Meyrueis à la limite sud-est du Causse Méjean, sous la falaise qui domine la rive droite de la Jonte. Il affecte les calcaires jurassiques, avec rupture vers le S; très près de l'enveloppe cristallophylienne du massif de l'Aigoual, il semble rentrer dans la catégorie des accidents mineurs dont M. Bernard Gèze vient de parler.

L'ORIGINE DES MINÉRAUX DES SÉDIMENTS MARINS

PAR **André Rivière** ET **Léon Visse** ¹.

Sommaire. — Depuis plusieurs années, divers auteurs se sont penchés sur le problème de l'origine des sédiments argileux des sédiments. Ils ont pu aboutir rapidement à des conclusions valables pour un nombre assez réduit de domaines bien définis de sédimentation. Par contre, nombre d'incertitudes demeurent encore dans un domaine particulièrement important, le milieu marin.

La présente note a seulement pour but de résumer quelques résultats intéressants, obtenus par ceux qui s'intéressent plus particulièrement aux conditions de sédimentation des particules argileuses en milieu marin.

L'altération superficielle des roches éruptives et cristallophylliennes conduit à la genèse de minéraux tels que la séricite et la kaolinite, ou à des complexes alumineux ou ferrugineux (latéritisation). La nature des minéraux résultant de cette altération dépend beaucoup des conditions physico-chimiques du milieu ; celles-ci sont le plus souvent gérées par les particularités climatiques locales.

Les sédiments argileux sont eux-mêmes soumis, dans certains cas, à des altérations semblables. On constate alors l'apparition d'une phase argileuse nouvelle : il y a *néogénèse*. C'est notamment le cas des palygorskites de la région de Thiès, au Sénégal, dont le produit d'altération superficielle est la kaolinite [Visse, 1953].

De même, le mécanisme de l'évolution des sols aboutit à des néogénèses bien connues, bien que très souvent « l'apport » soit prépondérant. On a pu déjà préciser des évolutions de minéraux argileux au sein d'un même profil géologique. Ainsi, les pédologues congolais ont pu mettre en évidence la genèse ou la néogénèse de kaolinite, montmorillonite, etc.

Toutes les conditions physico-chimiques responsables de ces phénomènes de genèse sont encore mal connues.

Bien entendu, tous ces minéraux argileux des sols et des substrats géologiques sont extraits de leur milieu, et transportés par les eaux, notamment celles des rivières et des fleuves. L'étude de ces matériaux transportés par les eaux conduit à une première conclusion nette : au cours de leur transport, les minéraux argi-

1. Note présentée à la séance du 24 mai 1954.

leux ne subissent aucune modification, et leur nature minéralogique est tout à fait en rapport avec celle de la phase argileuse du bassin versant de chaque système hydrographique.

L'étude la plus précise à ce sujet est de Holmes et Hearn, dont les travaux sur les boues argileuses du Mississipi et de ses affluents démontrent que leur composition minérale correspond à celle des sols des bassins versants. Ils ont montré que les variations de la composition minérale de la phase argileuse des sols des bassins versants de chaque affluent étaient enregistrées par les boues qui se déposent en aval de la région considérée, dans le lit du fleuve.

G. Millot [1949] a obtenu des résultats analogues en étudiant les argiles transportées par l'Oued Sebou (Maroc), le Niger, la Durance, etc. Il a observé également que les boues argileuses des rivières et des fleuves traduisaient, sur les profils longitudinaux de ceux-ci, la composition globale de la phase argileuse des sédiments du bassin versant.

Les particules argileuses transportées par les fleuves arrivent donc à la mer avec un concept régional qui ne traduit aucune modification des minéraux argileux au cours de leur transport.

Dans un cas bien particulier, Ehrhart indique que les particules de kaolinite transportées vers la cuvette tchadienne ne subissent également aucune modification au cours de leur dépôt dans ce milieu riche en sels.

Le problème est donc de savoir dans quelle mesure le milieu marin est susceptible d'imposer des lois d'une néogénèse à des minéraux argileux d'apport détritique.

Il est commode de présenter les résultats obtenus par les divers auteurs, en faisant intervenir la profondeur du milieu considéré.

Peu d'auteurs se sont inquiétés du sort des apports détritiques de la zone marginale des océans et des mers.

R. S. Dietz procéda à l'analyse de nombreuses vases marines draguées par le Challenger. Il constata que la kaolinite prédomine seulement dans les échantillons recueillis près du rivage : de même, la montmorillonite, dont la présence est signalée dans la plupart des échantillons étudiés, est en proportions très faibles dans les vases des mers profondes. Elle est donc cantonnée aussi aux proches abords du rivage. Par contre, d'après l'auteur, l'illite est le minéral abondant des sédiments de zones profondes. Il conclut donc que l'illite est une argile de néoformation à partir d'un apport détritique en provenance des zones marginales de la mer et du continent.

Grim, Dietz et Bradley [1949], en étudiant la composition des vases de la côte californienne, aboutissent à une conclusion identique : la néogénèse de l'illite, à partir d'un stock argileux d'apport constitué essentiellement de montmorillonite et de kaolinite. Il semble qu'ils basent surtout leurs déduc-

tions sur le fait que l'illite présente une cristallinité médiocre. Ils admettent, comme première explication de ce processus, le blocage de toute genèse kaolinique par la présence d'ions Ca^{++} , abondants dans l'eau de mer. G. Millot se joindra à cette opinion par l'étude de sédiments anciens de l'E de la France.

Ils recherchent d'ailleurs une confirmation de leurs résultats par l'étude de sédiments anciens, mais à ce point de vue, ceux obtenus par G. Millot sont particulièrement intéressants.

Celui-ci, constate en effet que, dans les sédiments marins anciens de l'E français, de l'W allemand et de la Suisse, l'illite prédomine partout (70 à 100 %). Les proportions de kaolinite sont plus faibles, 0 à 50 %, pratiquement nulles dans les calcaires. Il en conclut que le calcium est inhibiteur de la kaolinite. R. E. Grim admet une conclusion identique, à propos de sédiments marins anciens qu'il a étudiés aux U. S. A.

On aboutit donc au concept kaolino-illitique des sédiments marins avec, pour explication, la néogénèse de l'illite aux dépens de la kaolinite et aussi de la montmorillonite. Par contre, la kaolinite est prépondérante dans les milieux pyriteux.

D'autres auteurs ont étudié avec soin la composition argileuse des vases côtières, en tenant compte de la nature des minéraux argileux des sédiments de l'Hinterland.

Dans cet ordre d'idées, M^{lle} R. Friedman [1953] a apporté une importante contribution locale aux problèmes de la sédimentation littorale des vases argileuses (côtes vendéennes).

L'auteur suit en effet l'évolution, le long de la côte, d'un apport argileux en provenance des sédiments anciens des abords du continent. Bien que le résultat de son étude par la composition de la phase argileuse des vases, réponde au concept kaolino-illitique, elle ne note pratiquement aucune différence entre la nature et la fréquence des minéraux argileux des vases actuelles et celle des sédiments anciens de l'Hinterland, dont la fraction argileuse est également kaolino-illitique. Mieux, elle enregistre, parallèlement à la côte, une répartition géographique décroissante de la chlorite dont la sédimentation rappelle certains phénomènes de classement et de répartition des minéraux lourds. Aucune néogénèse n'est donc enregistrée.

Des résultats comparables sont obtenus par l'un de nous (A. R.) et M^{lle} S. Vernhet sur la côte de Monaco. La composition dominante est encore de nature kaolino-illitique avec montmorillonite fréquente et chlorite plus rare. Les auteurs constatent que la composition de la phase argileuse de ces sédiments récents est celle de l'Hinterland (sédiments quaternaires et plus anciens).

Dans les zones marines côtières, ces deux exemples montrent donc que la nature minéralogique des sédiments argileux marins est en parfait accord avec celle des matériaux du milieu continental de l'Hinterland. Une telle constatation est éminemment favorable à la théorie des apports détritiques.

Rappelons d'ailleurs brièvement les travaux de Strakhov [1952] et de Rateiev [1952] pour les bassins privilégiés du SE et du NW de la Mer Noire. Ils aboutissent à des conclusions analogues.

Aux grandes profondeurs, les arguments sont encore peu nombreux et disparates. Les quelques renseignements que nous possédons nous viennent des études océanographiques.

Depuis 1877, avec J. Murray, on admet encore que l'argile rouge des grands fonds est un produit d'altération sur place de matériaux éruptifs.

Par contre, plus récemment, à la suite des travaux du Météor, C. W. Correns [1935-1937] insiste sur l'absence d'indice de néoformation dans tous les sédiments argileux, même dans les carottes ramenées par l'expédition. C. W. Correns insiste sur le fait que toutes les boues bleues n'ont pas la même composition et que, dans un même bassin, la composition des boues rouges pourrait varier.

A. Heim [1946] admet l'apport détritique. Il ne nie pas la possibilité de néogénèse, mais des preuves existent alors sur le transport de ces produits néoformés vers les plus grandes profondeurs. Ce transport explique la description que l'on donne parfois de l'argile des grands fonds : boue fluide, « aqueuse », etc.

En Atlantique (expédition de Lord Kelvin), Bramlette et Bradley reconnaissent encore la place importante de l'illite dans la phase argileuse des sédiments. Enfin, R. S. Dietz trouva de l'illite dans tous les échantillons des mers profondes (Challenger). Il a déjà été dit qu'il en déduisait la néogénèse de ce minéral, mais, récemment, l'un de nous (A. R.) analysait une vase à Radiolaires (5 400 m) et constatait que la montmorillonite était plus abondante que l'illite.

Enfin, Kuenen, dans la région des Indes Néerlandaises, trouva de l'illite, de la kaolinite et de la montmorillonite en toutes proportions dans les sédiments.

Bien des auteurs sont relativement d'accord qu'en dehors des sols et des phénomènes diagénétiques, la néogénèse est possible dans les grands fonds. A. Rivière [1952] a depuis longtemps admis cette opinion dont la confirmation pourrait être recherchée dans la diffusion très lente, sur des lits très minces d'argiles, empêchant l'apparition d'un équilibre qui arrêterait l'évolution. Ainsi s'expliquerait la prédominance de l'illite dans les grands fonds.

La néogénèse ne serait pas alors sans analogie avec celle de la glauconie dont on sait que la genèse correspond à une sédimentation lente. Le phénomène pourrait donc être reproductible à des moindres profondeurs, à effets comparables. C'est notamment l'intérêt des études sur le faciès phosphaté dont on sait qu'il correspond à des conditions de sédimentation semblables.

Enfin, la présence de matériaux peu stables, comme les verres volcaniques, peut être favorables à la genèse de minéraux argileux, par suite des déséquilibres ioniques que leur présence peut maintenir pendant longtemps.

Cependant, les avis sont encore partagés sur ces phénomènes de néogénèse et de genèse proprement dite. Il manque encore beaucoup d'argumentation de caractère statistique, notamment en ce qui concerne les sédiments de grande profondeur.

Il est néanmoins remarquable de constater que la plupart des auteurs aboutissent à la conclusion que les sédiments, récents ou anciens, sont toujours kaolino-illitiques. Faudrait-il admettre que les conditions d'apport ou les conditions de néogénèse sont demeurées identiques dans le temps et dans l'espace ? Si une telle uniformité de composition de la phase argileuse des sédiments anciens devait se confirmer, ne serait-on pas dans l'obligation d'admettre, non pas une néoformation en milieu marin, mais une néogénèse diagénétique valable pour l'ensemble des sédiments argileux.

Les travaux de l'un de nous (L. V.), en apportant une exception majeure au concept kaolino-illitique des sédiments anciens, rejettent à la fois l'importance des phénomènes diagénétiques, ainsi que la constance apparente des proportions d'illite dans les sédiments marins qui fit admettre par certains auteurs la théorie de la néogénèse de ce minéral dans ce milieu.

Le trait commun des formations étudiées réside dans l'unité géographique (l'Afrique : Algérie, Tunisie, Maroc, Sénégal, Soudan, Togo, Dahomey), la correspondance d'âge (Éocène), et les conditions bathymétriques des dépôts (la zone néritique). La seule différence est les phénomènes de subsidence qui ont marqué les dépôts d'Algérie-Tunisie.

La conclusion est que, dans tous ces sédiments marins, l'illite est le minéral le plus rare.

Prédominant, la montmorillonite en Algérie-Tunisie, [Visse, 1953], la palygorskite au Maroc et au Sénégal [Visse, 1954 b], la kaolinite et la montmorillonite au Togo et au Dahomey, la kaolinite au Sahara.

De plus, au Dahomey, les palygorskites sont associées intimement à la glauconie [Visse, 1954 a].

L'étude des sédiments considérés a montré que, sur un même profil sédimentologique, des variations de composition de la phase argileuse n'existaient pas, ou n'étaient pas sous la dominance des facteurs physico-chimiques de parasédimentation calcaire, dolomitique, phosphatée, siliceuse, etc.

Au Sénégal, les teneurs en calcaire passent de 20 à 98 % sans entraîner une disparition de la palygorskite qui reste le seul minéral argileux dans les craies à Globigérines qui constituent l'horizon de N'Gazobil. Cet exemple, parmi d'autres, montre que les calcaires et les craies ne contiennent pas que de l'illite ou de la montmorillonite. Au Togo, la phase argileuse de certains calcaires éocènes est essentiellement constituée de kaolinite.

De même, des horizons moins calcaires mais pyriteux n'en-

traînent pas l'apparition de minéraux argileux du type kaolinite (ex. marnes pyriteuses à palygorskites du Sénégal).

Ces résultats complètent donc les notions de composition de la phase argileuse des sédiments anciens. A ce point de vue, ils soulignent que tous les minéraux argileux peuvent constituer seuls ou mélangés à d'autres, la phase argileuse des vases marines anciennes.

L'importance insoupçonnée de la montmorillonite (Tunisie), de la palygorskite (Maroc, Sénégal, Togo, Dahomey), de la kaolinite (Togo, Sahara) mérite d'être soulignée.

En conclusion, l'interprétation des faits précédemment énoncés démontre que le concept kaolino-illitique, avec prédominance de l'illite, reconnu dans les sédiments actuels, récents ou anciens, et sur la constance de laquelle bien des auteurs ont cru devoir signifier à l'illite une origine par néogénèse, n'est pas général, notamment dans les dépôts côtiers. L'étude récente d'un sédiment à Radiolaires de mer profonde (A. R.) à montmorillonite prédominante est, bien qu'isolé, une exception impressionnante aux résultats précédemment énoncés, à propos de sédiments anciens et des sédiments actuels profonds.

Le point actuel de la question est donc que bien des arguments apparemment favorables à la néogénèse des minéraux argileux en milieu marin font défaut. Par contre, bien des démonstrations sont favorables à la notion d'apport détritique.

Lui seul, à notre avis, peut expliquer le plus souvent l'homogénéité et la monotonie de composition de la phase argileuse de sédiments marins à travers de multiples variations physico-chimiques d'un même profil. Il peut expliquer également l'hétérogénéité de composition des sédiments anciens. Il existe d'anciennes vases marines où prédominent l'illite, la montmorillonite, la kaolinite, la palygorskite, etc.

Il est d'ailleurs utile de souligner que la technique discriminatoire dans le problème posé, basée sur la seule détermination roentgénographique est insuffisante. L'analyse granulométrique, complétée par un examen du degré de cristallinité des particules argileuses permettra vraisemblablement de donner une solution plus rationnelle au problème posé, encore qu'elle ne pourra s'appliquer qu'à des cas récents, en raison de l'influence des phénomènes de diagénèse dont on sait que le premier effet est d'accroître les germes cristallins, améliorant leur cristallinité.

TRAVAUX CITÉS

- CORRENS C. W. (1935-1937). — Expédition Météor, t. III, 3^e partie.
FRIDMAN R. (1953). — *C. R. Ac. Sc.*, t. 236.
GRIM, DIETZ et BRADLEY (1949). — *Bull. Soc. geol. Amer.*, vol. 60.
GRIM (1953). — *Clay Mineralogy*.
HEIM A. (1946). — *Rev. Mus. Plata. Ser. geol.*, t. IV.
MILLOT G. (1949). — *Géol. appl. Prosp. min.*, t. 2, p. 1-352.
RATEIEV A. (1952). — *Dok. Ak. Nauk. S. S. S. R.*, vol. 83, n^o 2.
RIVIÈRE A. (1952). — *C. R. sess. XIX^e Congr. géol. intern. Alger*.
STRAKHOV M. (1952). — In F. von RAUPACH. *Geologie Deutschland*, Bd I.
VISSE L. (1953). — *Rev. Inst. fr. Pétrole*, n^o spécial.
— (1954 a). — *C. R. somm. S. G. F.*, p. 59.
— (1954 b). — *Ibid.*, p. 27.
-

SUR L'ÂGE DES FACIÈS CONTINENTAUX
DE L'ÉOCÈNE INFÉRIEUR
AUX ENVIRONS DE SÉZANNE (MARNE)

PAR Annie Vaysse ET Léon Feugueur ¹.

PLANCHE XXI.

Sommaire. — Les grès quartzites de Sézanne et des environs s'étendent vers le S où ils ont été étudiés par MM. Lanquine et Cuvillier [1941-1943], Munier et Rivière [1944]. Les quartzites de Sézanne-Barbonne étudiés par M^{me} A. Vaysse sont conformes aux descriptions des auteurs. Leur position stratigraphique a été étudiée et parallélisée avec le Cuisien par L. Feugueur. Les Sables à Unios et Térédines d'Epernay passent à des sables réfractaires à Sézanne. Ils sont les uns et les autres inférieurs à ce grès-quartzite qui ne peut être séparé cependant de la partie supérieure de cette formation sableuse.

Des sables grossiers ou fins se retrouvent sous les argiles plastiques du Sparnacien en de nombreuses localités. Ils peuvent être rattachés au Thanétien supérieur fluvio-lacustre.

Ce faciès fluvio-lacustre représente seul le Landénien continental *sensu stricto* (L. Feugueur, non M. Leriche).

Nous savons que les diverses transgressions marines du Tertiaire n'ont pas atteint la bordure orientale de l'Ile de France. Les étages marins avec leurs horizons superposés sont remplacés par des formations littorales, lacustres ou continentales.

Dans la région de Sézanne, sont connus des dépôts sableux, argilo-ligniteux et gréseux compris entre la craie et les marnes lacustres du Lutétien-Bartonien. Les études publiées sur cet ensemble sont de deux ordres : stratigraphiques et pétrographiques. Les études stratigraphiques, plus anciennes, sont surtout dues à Ed. Hébert. Les travaux pétrographiques, plus récents, ont eu pour but essentiel la différenciation des grès et des quartzites en vue de leur utilisation pour l'industrie [Lanquine et Cuvillier, 1943, Munier et Rivière, 1944].

La 1^{re} édition de la feuille géologique n° 67 (1880) rapportait toute la série argilo-sableuse au Sparnacien. La 2^e édition (1947) différencie le travertin de Sézanne qui appartient au Thanétien, ainsi que certains dépôts sableux à galets ravinant la Craie. Toute la série argilo-sableuse inférieure aux marnes blanches ou vertes

1. Note présentée à la séance du 21 juin 1954.

de l'Éocène moyen-supérieur est généralement considérée comme sparnacienne.

Nous allons donner quelques coupes, du N au S, qui nous permettront de différencier trois horizons superposés dans ce complexe correspondant au Cuisien-Sparnacien (*sensu stricto*) et Thanétien.

Nous commencerons par l'étage supérieur (Cuisien) en partant des localités classiques des environs d'Épernay, faciès « Sables à Unios et Térédines ». Nous suivrons ce faciès jusqu'à Sézanne et nous verrons qu'il passe à un faciès spécial de sables réfractaires dans lesquels on trouve d'ailleurs des passages du « faciès Unios et Térédines ». Nous verrons également qu'il supporte un grès-quartzite bien connu des auteurs qui se sont intéressés aux faciès détritiques de l'E de l'Île-de-France. Nous reprendrons ensuite la limite inférieure (Thanétien), également du N vers le S.

I. CUISIEN : « SABLES A UNIOS ET TÉRÉDINES ». — Les « Sables à Unios et Térédines » des environs d'Épernay sont hétérogènes.

A Chavot, ils sont riches en Unios ; assez calibrés à la base, au contact du Sparnacien, ils deviennent plus grossiers, à concrétions calcaires et à galets vers le haut. Ils sont parfois agglomérés par un ciment ferrugineux. Leur teinte générale est roussâtre, leurs grains anguleux aux arêtes arrondies et aux faces luisantes, rappellent le type « émousé luisant ». Ils sont épais de 5 à 6 m à Chavot où ils sont recouverts par les marnes blanches de l'Éocène moyen (Lutétien à *Potamides lapidum*).

A Epernay (Mont Bernon), le faciès sables roux grossiers à lentilles d'Unios et Térédines, passe verticalement vers le haut à des sables fins argileux qui passent eux-mêmes latéralement à une argile sableuse fine. Cet ensemble est recouvert par les marnes blanches ou vertes de l'Éocène moyen supérieur.

En descendant vers le S, les sables roux anguleux luisants à passées ferrugineuses se retrouvent en plusieurs points ¹. Ed. Hébert a signalé la présence d'un sable grossier à Térédines au-dessus d'une argile noire (Sparnacien) à La Madeleine près de Vertus. Des quartzites en blocs isolés existent en ce point, témoins d'une formation qui se développe vers le S.

Aux environs des *Marais de Saint-Gond*, les sables grossiers roux avec limonite, qui les grésifie localement, reposent, en les ravinant, sur les assises sparnaciennes.

A Montgiron, apparaissent, sur ces sables, les premiers grès-quartzites exploités que l'on va retrouver aux environs de Sézanne,

1. Le détail des observations déborderait du cadre de cette note ; ils seront publiés dans un travail d'ensemble, en cours, par l'un de nous (L. F.).

et connus en lambeaux dans le Sénonais. Le grès-quartzite de Montgivroux se présente sous l'aspect d'une table fragmentée de 0,30 à 0,50 m d'épaisseur, intercalée entre les sables roux et les marnes blanches supérieures. Ces sables roux reposent sur les assises argilo-ligniteuses du Sparnacien. Les grains sont anguleux et parfois émoussés luisants. Ils sont très ferrugineux et gréseux à *Talus-Saint-Prix*, *Soisy-aux-Bois* et en d'autres points voisins.

Près de *Chapton*, c'est le faciès argilo-sableux fin qui remplace le faciès ferrugineux. Nous comparerons la position des deux faciès par deux coupes voisines : Montgivroux-Chapton (fig. 1 a).

A *Sézanne*, de nombreuses exploitations permettent d'observer la série éocène inférieure. Les « Sables à Unios et Térédines » ont été signalés par Ed. Hébert [1848]. Le grès-quartzite qui termine les sables supérieurs à l'argile plastique a été reconnu par Duval et Meillet en 1842. Il a d'ailleurs été particulièrement bien étudié depuis par MM. Cuvillier, Lanquine [1941-1943] et M. Rivière [1944]. Au cours des travaux de déviation des routes nationales, les sables roux à *Teredina personata* ont été observés à la sortie ouest de Sézanne par l'un de nous (L. F.). Ces mêmes assises existent dans les talus de la route de *Broyes* près d'une exploitation d'argile (carrière Daleu) (fig. 1 b). En ce point les sables sont grossiers, ferrugineux, ils renferment de nombreux débris de calcaire altérés (craie durcie ? et des nodules calcaires à oolithes ferrugineuses. Ils renferment *Teredina personata*, des débris de Tortues et des écailles de *Lepidosteus*. Ces sables grossiers passent latéralement à des sables fins puis à une argile sableuse. Cette formation supporte elle-même des grès quartzites en certains points de la carrière. Une lentille de sable grossier ferrugineux a été rencontrée au cours des travaux à la partie supérieure des argiles plastiques, sparnaciennes, exploitées souterrainement dans la carrière Daleu. Le chef de chantier a bien remarqué l'analogie entre les deux formations qui appartiennent à l'horizon des Sables à Unios et Térédines.

Les grès-quartzites C⁵ terminent la série cuisienne. Ces grès-quartzites, stratigraphiquement définis, se présentent comme une roche gris beige à cassure saccharoïde. En lame mince, ils sont remarquables par la variété de dimensions de grains de quartz (de 0,02 à 0,4 mm pour la plupart des grains). On peut distinguer dans certains blocs des éléments encore plus grossiers. Dans certains échantillons, ces cristaux de quartz sont accrus secondairement et presque tous juxtaposés en quartzite (Pl. XXI, fig. 5) ; ailleurs les grains séparés par un ciment de quartz moins cristallin forment un grès, quartziteux par place (Pl. XXI, fig. 4).

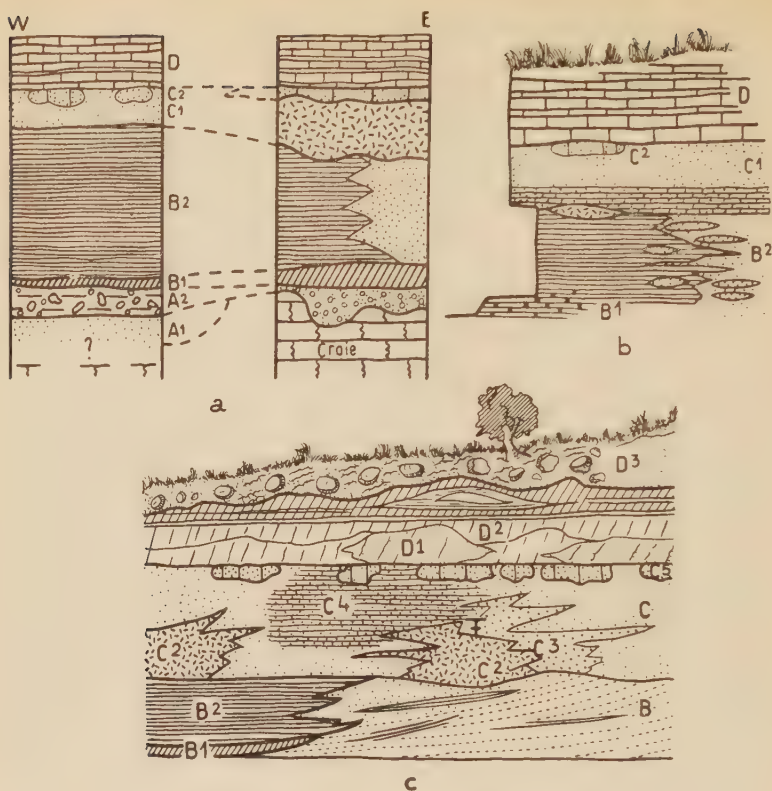


FIG. 1. — Coupe du Cuisien de la région de Sézanne.

a : Coupes de Montgivroux-Chapton.

A¹ : sables atteints à Chapton par sondages, à partir du sol de la carrière — sable quartzueux grossier à Montgivroux avec galets de silex de la Craie¹. A² : marne et graviers rencontrés par sondages à Chapton 1,50 m². B¹ : faible couche ligniteuse à Chapton 0,50 m — exploitée à Montgivroux. B² : argile plastique exploitée par galeries à Chapton sur 4 à 5 m de puissance — à Montgivroux, l'argile plastique passe à des sables. C¹ : sable fin blanchâtre très argileux à Chapton 1 m à 1,50 m — sable jaunâtre anguleux, arêtes arrondies, luisantes (faciès Sable à Térédines) à Montgivroux, 3 à 4 m. C² : grès-quartzite en bancs à Montgivroux 0,30 à 0,50 m — en nodules isolés à Chapton au sommet des sables fins. D : marne blanche et verte litée à lits de calcaire fibreux (Lut. Bart.).

b : Coupe de la carrière Daleu (route de Broyes).

C¹ : argile sableuse saumonée, rosâtre qui renferme parfois des lentilles de sable grossier ferrugineux à la base, au contact de l'argile plastique inférieure. L'argile saumonée rosâtre est surmontée d'un sable argileux réfractaire, appelé « pisé » et utilisé en

1. Selon des renseignements communiqués par M. P. Bassompierre qui a suivi les travaux d'extraction de lignite pendant la dernière guerre et qui publiera ultérieurement ses observations sur ce gisement de lignite fossilifère.

2. Renseignements communiqués par le chef de chantier.

Ces grès-quartzites ont été décrits par les auteurs sous le nom de « grès fluvio-lacustre ». Nous nous arrêterons à cette région de Sézanne.

A Barbonne, à quelques kilomètres au S de Sézanne, on retrouve ces grès fluvio-lacustres situés à la même place stratigraphique. Ce sont des grès et des grès-quartzites de teinte gris beige à cassure presque lisse ou très finement saccharoïde, semés de taches jaunâtres Pl. XXI, fig. 1 (voir à propos de ces taches MM. Munier et Rivière [1944], p. 11 à 13 et pl. IV à VI).

En lames minces, les grains de quartz sont petits (0,03 mm à 0,3 mm avec prédominance des éléments fins) ; dans certains échantillons ils sont accrus secondairement, forment de grandes plages de quartzite limpide ; ailleurs ils sont restés anguleux dans un ciment abondant. Ce ciment est formé de quartz microcristallin, accompagné parfois de *calcédoine* (bien développée dans les fissures).

Les taches jaunes correspondent à des plages où le ciment est amorphe, noir par imprégnation argilo-ferrugineuse, opalescent et jaune pâle par réflexion. Les fig. 2 et 3 de la Pl. XXII donnent cet aspect en lumière naturelle et lumière polarisée.

A Sézanne, comme à Barbonne, les minéraux lourds sont peu abondants ; dans chaque lame, quelques grains de *zircon* et *tourmaline*.

A Barbonne, nous avons vu de plus un cristal de *rutile*.

Les grès-quartzites se développent vers le S, Provins-Ville-naux, etc... Ils s'étendent au-delà de la vallée de la Seine où

fonderie, qui renferme parfois à la partie supérieure les grès-quartzites maintenant classiques dont la définition pétrographique est donnée plus loin par l'un de nous. (A. V.) B² : argile plastique, exploitée en galeries, bleue, grise ou verdâtre ; elle passe à des sables rencontrés par forage à 100 m des argiles exploitées. Le passage observé dans certaines galeries se fait progressivement. Des lentilles sableuses apparaissent dans l'argile et des filets argileux dans le faciès sableux. B¹ : argile plastique à petites concrétions et grains ferrugineux, inexploitable à vue sur 1,50 m.

c : Coupe de la carrière Fortin (Bois Guillaume).

D¹ : marne blanche à concrétions calcaires remaniant irrégulièrement du sable inférieur par poches (D¹), se continuant vers la partie supérieure par des lits calcaro-marneux blancs et verdâtres (Bartonien-Sannoisien). D³ : éboulis de Meulière de Brie dans un limon argilo-sableux jaunâtre. Les lits de calcite fibreuse sont généralement placés au niveau de Saint-Ouen. Les marnes sableuses à concrétions, remaniant le sable (D¹) appartiennent peut-être au Lutétien (?) signalé à Sézanne par les auteurs, avec *Potamidés lapidum*. C : sables gris blanc fins ou grossiers, mal calibrés passant à un sable très grossier (grains de sel C²), il passe également aux sables roux luisant cimentés par places par de l'oxyde de fer (faciès à Unios et Térédines C³). C¹ : faciès argilo-sableux, type pisé (sable réfractaire exploité). C⁵ : banc irrégulier, interrompu de grès-quartzite (Pl. XXI). B¹ : argile noirâtre ligniteuse à concrétions pyriteuses et bois en gros fragments. B¹ : argile plastique exploitée en galeries ; manque très rapidement pour faire place à un sable fin très coloré, brun chocolat et violacé à filets d'argile plastique inexploitable.

M. A. Rivière [Munier et Rivière, 1944, p. 51] les a cartographiés. Cette formation argilo-sableuse, supérieure à l'argile plastique du Sparnacien, qui se termine par un banc de grès-quartzite, passe latéralement aux Sables à Unios et Térédines des environs d'Épernay. Le témoin gréseux le plus septentrional recueilli jusqu'ici se situe à *Vertus*, à 10 km au S de la localité classique de Chavot où les sables à Unios et Térédines sont bien développés. Les grès-quartzites s'étendent, sporadiques ou en bancs localement continus sur plus de 100 km vers le S et le SW. Ils terminent la série cuisienne, étant contemporains d'une partie des Sables à Unios et Térédines. Leurs caractères fluvio-lacustres s'accordent avec la transgression marine, littorale puis fluviale du Cuisien. Ils supportent les marnes lacustres ou lagunaires du Lutétien, ou du Bartonien en absence du premier.

Avant de terminer ce chapitre, indiquons que le faciès cuisien est bien différencié par les exploitants. Nous donnerons ci-après des analyses comparées ¹ provenant des différents faciès argilo-sableux de la carrière Fortin. Les n^{os} 1 et 2 représentent seuls le Sparnacien. Les n^{os} 3 à 6 appartiennent au Cuisien.

	PERTES AU FEU ¹	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Ca O	MgO	TiO ₂	PERTES NON DOSÉES
6. Sables réfractaires supérieurs argileux . . .	4,11	79,82	13,70	1,71				0,57
5. Pisé réfractaire (sable argileux moyen) . . .	2,30	90,50	5,76	0,40	0,31	0,41	0,14	
4. Sable réfractaire (sable fin moyen)	3,50	86,10	8,95	0,75	0,32	0,13		
3. Sable réfractaire (gros grains)	0,91	86,70	9,60	1,58				1,21
2. Argile plastique exploitée en galeries	13,90	44,50	38,80	1,80				0,93
1. Argile de base lignito-pyriteuse	20,40	42,15	35,70	1,58				0,33

TABLEAU 1. — Analyse des différents faciès de la carrière Fortin.

1. Communiquées par M. Fortin, de l'« Exploitation sézannaise d'Argiles réfractaires », que nous remercions vivement.

Notons enfin que le faciès cuisien «Sables réfractaires de Sézanne» existe au NE d'Épernay dans la région de Verzy-Verzenay où il occupe la même place stratigraphique en l'absence du faciès Sables à Unios et Térédines typique.

II. SPARNACIEN (au sens de G. Dollfus). — Les assises argileuses, ligniteuses et sableuses renferment différents niveaux fossilifères caractérisés par *Cyrena cuneiformis*, *Melania inquinata*, *Potamidés funatus* etc... Ce complexe argilo-sableux fossilifère est bien visible à Chavot sous les assises sableuses à Unios et Térédines. Vers le S, le long de la bordure orientale, le Sparnacien fossilifère disparaît et fait place aux argiles de Sézanne-Provins-Montereau etc... associées à des sables toujours colorés dans cette région. Plus au S, en dehors de cette région¹, la série détritique est plus confuse.

La limite entre le complexe argilo-sableux du Sparnacien et le Cusien ayant été définie, nous donnerons maintenant quelques coupes de la série inférieure jusqu'à la Craie.

A Berru, nous avons la succession suivante :

Sparnacien : complexe argilo-sableux à lits de coquilles brisées (*Cyrena cuneiformis*). Argile plastique (route de Cernay à Berru) ligniteuse vers la base à Berru.

Thanétien : sables blancs à filets argileux et sable fin rosâtre ou gris à lits de sable très grossier quartzeux à stratification oblique, à fragments de craie durcie roulée et de silex..... 3 m

sable fin blanc avec lits fossilifères bien stratifiés. Le test des coquilles a disparu par dissolution, ne laissant qu'une trame argilo-ligniteuse à la place de la coquille, ce qui permet tout de même de reconnaître quelques espèces des Sables de Châlons-sur-Vesles..... 7 m

banc gréseux..... 0,30 m

Sénonien : craie blanche durcie et tendre du Sénonien.....

A Cernay, les sables grossiers font place au conglomérat de Cernay à Mammifères. Ce dernier ravine les sables sous-jacents et passe vers l'W et le S aux formations continentales de Rilly qui terminent le Thanétien et supportent les assises argilo-sableuses du Sparnacien.

Aux environs de Rilly la formation marno-calcaire lacustre à *Physa gigantea* etc... est associée à des sables blancs, jaunâtres, à nombreux galets de silex roulés.

A Soizy-aux-Bois, route d'Oyes, on observe des sables fins ou grossiers avec lentilles d'argile noire; ils sont du type des sables

1. Un travail sur ces faciès est en cours par M. DEMARCO (Diplôme d'Études supérieures et B.S.G.F., (6), V, 1955, sous presse).

supérieurs de Berru. Ils se sont déposés dans des points bas de la Craie qui affleure largement aux abords immédiats de la sablière à des cotes nettement plus élevées. Il peuvent être rattachés au Thanétien fluvio-lacustre terminal (Rilly).

A *Talus-Saint-Prix*, des sables gris jaunâtre, parfois graveleux, affleurent et passent sous les argiles sparnaciennes exploitées en galeries. Les puits utilisent ces sables inférieurs pour l'évacuation des eaux de mines. Nous avons vu qu'à Chaptou (fig. 1 a) un banc marno-calcaire existe sous les argiles ligniteuses de la base du Sparnacien. Ces calcaires qui peuvent être stratigraphiquement assimilés aux calcaires de Rilly, reposent sur du sable dont nous ne connaissons pas l'épaisseur.

Signalons également la présence d'un sable à galets de silex sous les assises ligniteuses (base du Sparnacien) selon les coupes relevées par M. P. Bassompierre à *Montgivroux*.

Enfin, aux *environs de Sézanne*, le Thanétien est représenté par le célèbre travertin qui renferme certains Mollusques continentaux des calcaires de Rilly. A ce travertin sont associés des sables grossiers à galets observés par Ed. Hébert, revus depuis et cartographiés sur la 2^e édition de la feuille géologique d'Arcis (L. Coin). Quelques petites exploitations ouvertes à 1 km au N de Sézanne, à l'W de la route de Broyes, montrent la coupe suivante (fig. 2).

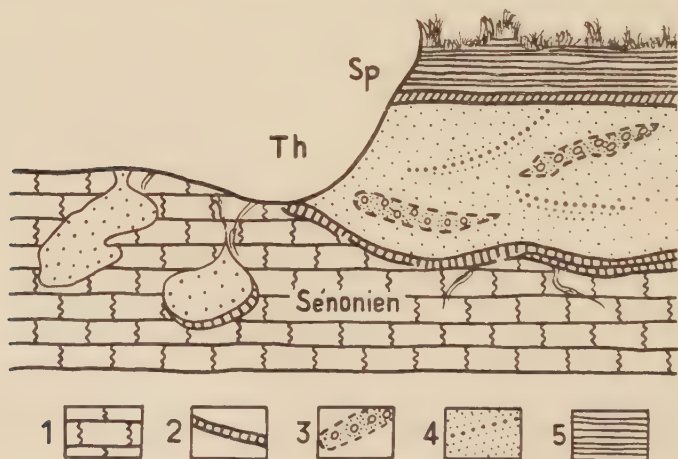


FIG. 2. — Coupe à l'W de la route de Broyes.

- 1 : Craie blanche; 2 : lit de limonite et gypse secondaire au contact des sables avec l'argile plastique et la craie; 3 : lentilles de sables quartzeux très grossiers; 4 : sable fin avec filets obliques de sables plus grossiers; 5 : argile plastique du Sparnacien (Sp.); Th : Thanétien.

Le Sparnacien y est représenté par de l'argile plastique grise marbrée de taches ferrugineuses visible sur 0,85 m et reposant sur le sable inférieur par l'intermédiaire d'un lit d'argile sableuse très ferrugineuse de 0,05 m. Au-dessous viennent des sables gris, fins ou grossiers, à stratification entrecroisée de sable grossier, épais de 3 m avec petits galets de craie. Au contact de la Craie on observe une pellicule altérée de limonite et gypse fibreux. La craie est jaunâtre puis blanche en profondeur.

Les sables se sont déposés dans des dépressions de la Craie, comme à Soisy-aux-Bois. Ils pénètrent même dans celle-ci en poches irrégulières jusqu'à plusieurs mètres de la surface. Ce sable, inférieur à l'argile plastique, se rattache aux sables à galets de silex, subordonnés eux-mêmes au travertin de Sézanne. Plus au S de Sézanne, à Barbonne par exemple, des sables très colorés renfermant des galets de silex ravinent la Craie. Par leur faciès et leur granulométrie, ils se rattacheraient au Sparnacien (faciès sableux). Par contre, à Villenauxe, des sables grossiers et fins à gros graviers ravinant la Craie sont de nouveau intercalés entre l'argile plastique, ou son faciès sableux marron violacé, et la Craie. Il se peut qu'en ce point les sables fluviaux thanétiens soient encore représentés.

CONCLUSIONS. — 1^o Le grès-quartzite de Sézanne-Provins-Villenauxe-Montgivroux termine le cycle fluvio-lacustre cuisien. Il est associé à des sables réfractaires « pisé » distincts des sables sparnaciens sous-jacents.

Cet ensemble (3 à 6 m) passe latéralement aux Sables à Unios et Térédines des environs d'Épernay (Mont Bernon-Cuis-Chavot). Ceux-ci prennent d'ailleurs également au Mont Bernon le faciès « pisé » de Sézanne.

2^o Des sables grossiers ou fins séparent le Sparnacien de la Craie des environs de Sézanne. Leur extension est relativement importante, ils se rattachent aux sables grossiers fluviaux de Berru, contemporains des calcaires lacustres de Rilly.

A Berru, ils terminent la série laguno-marine de Rilly-Châlons-sur-Vesles, alors qu'à Sézanne, ils reposent directement sur la Craie ; la transgression marine thanétienne n'ayant pas atteint cette région.

BIBLIOGRAPHIE

- ABRARD R. (1950). — Géologie régionale du Bassin de Paris. Paris, Payot, p. 333-344.
- CAYEUX L. (1906). — Structure et origine des grès du Tertiaire parisien. *Ét. Gîtes minéraux France*.
- (1929). — Roches siliceuses. Les Roches sédimentaires de France. *Mém. Expl. Carte géol. France*.
- DUVAL et MEILLET (1842). — Coupe des terrains des environs de Sézanne. *B. S. G. F.*, (1), XIV, p. 100.
- HÉBERT Ed. (1848). — Notice sur les dépôts situés dans le Bassin de Paris entre la craie blanche et le calcaire grossier, avec coupes. *Ibid.*, (2), V, p. 388.
- (1849). — Réunion extraordinaire de la Société géologique de France à Epernay. *Ibid.*, (2), VI, p. 695-733.
- JODOT P. (1913). — Sur la structure des grès sparnaciens du SE du Bassin de Paris. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 127.
- LANQUINE A. et CUVILLIER J. (1941). — Sur les faciès siliceux du Sparnacien dans l'E et le SE du Bassin de Paris. *B. S. G. F.*, (5), XI, p. 195-206.
- (1943). — Résumé des études pétrographiques faites sur des roches siliceuses du Sparnacien dans l'E et le SE du Bassin de Paris. Paris, Union fr. Produits réfractaires.
- LAPPARENT A. F. DE (1946). — Excursions géologiques dans le Bassin de Paris. Paris, Hermann.
- LEMOINE P. (1911). — Géologie du Bassin de Paris. Paris, Hermann.
- MUNIER P. et RIVIÈRE A. (1944). — Contribution à l'étude des grès siliceux et quartzites réfractaires du Sud du Bassin parisien. *Bull. Centre nat. Ét. Roches céramiques*, n° 11.
- VATAN A. (1937). — Étude minéralogique comparée des sédiments arénacés du Bassin de Paris. *C. R. Ac. Sc.*, t. 205, p. 70.

LÉGENDE DE LA PLANCHE XXI

FIG. 1 à 3. — Barbonne.

- 1 : échantillon poli ; grès-quartzite jaunâtre, a : taches jaunes. Gr. nat.
 2 : lumière naturelle. $\times 30$.
 3 : lumière polarisée. $\times 30$.
 b : ciment opaque ; c : quartz.

FIG. 4 et 5. — Sézanne. Lumière polarisée. $\times 30$.

- d : quartz ; e : ciment microcristallin ; f : quartz.

ÉTUDE DES OSTRACODES DU CRÉTACÉ INFÉRIEUR DE LA HAUTE-MARNE

PAR Alexis Stchépinsky ¹.

PLANCHE XXII.

Sommaire. — Étude stratigraphique, paléogéographique et paléontologique de la faune d'Ostracodes du Crétacé inférieur de la Haute-Marne et révision des espèces-types de Cornuel [1846, 1848], dont les échantillons types ont été retrouvés dans le musée de Saint-Dizier par mon père Vladimir Stchépinsky ².

I. Étude stratigraphique.

La stratigraphie et l'histoire géologique du Crétacé inférieur de la Haute-Marne ont été faites en dernier lieu par mon père V. Stchépinsky, 1949 et 1952]. Voici dans l'ordre stratigraphique la liste des gisements avec les caractères lithologiques, fauniques et la liste des Ostracodes correspondants.

A. VALANGINIEN.

1. *Gisements.* a) Éch. n° 17 : ancienne mine de Clefmonts à Marnaval, se trouvant sur le chemin qui commence sur la route d'Ancerville (côté sud) à 0,8 km du passage à niveau dans la direction d'Ancerville (à 300 m de la route d'Ancerville). Le Valanginien se trouve en profondeur et se présente sous forme de sable ferrugineux plus ou moins transformé en grès.

b) Éch. n° 20 : dans un champ à 1 km à l'E de Prez-sur-Marne, à 300 m de la bifurcation dans la direction de Trois-Fontaines, affleure du sable ferrugineux.

2. *Ostracodes.* Les échantillons sont azoïques.

B. HAUTERIVIEN.

1. *Gisements.* a) Éch. n° 18 (même endroit que n° 17) : entre le sable ferrugineux et le calcaire hauterivien dur se trouve une couche de calcaire marneux et de marne fossilifère, épaisse de 50 cm, représentant la base de l'Hauterivien avec comme faune des Oursins, des Brachiopodes (*Terebratula depressa*).

b) Éch. n° 19 (même endroit que n° 17) : la masse principale du gisement est formée d'un calcaire dur, blanc-jaunâtre, très fossilifère, représentant la majeure partie de l'Hauterivien avec comme espèces caractéristiques : *Exogyra couloni*, *Panopaea neocomiensis*, *Toxaster retusus*.

1. Note présentée à la séance du 14 juin 1954.

2. Ce travail a été fait à l'Institut du Pétrole avec l'aide de M. Grékoff, pour la partie paléontologique, et celle de mon père pour les parties stratigraphique et paléogéographique.

25 mai 1955.

Bull. Soc. Géol. Fr. (6), IV. — 31

2. *Ostracodes*. Seul le niveau marneux (éch. n° 18) de la base de l'Haute-rivien contient des Ostracodes : *Paracypris acuta* (CORNUEL) (R)¹; *Protocythere triplicata* (ROEMER) (R).

C. BARRÉMIEN INFÉRIEUR.

1. *Gisements*. a) Éch. n° 3 : route de Bailly-aux-Forges à Wassy, à 1 km au SSW de l'église de Wassy.

b) Éch. n° 5 : bifurcation des chemins 1 km au NNE de l'église de Wassy. Chemin de la route de Saint-Dizier à Wassy (1 km de Wassy) à la route de Villier-aux-Bois à Wassy (2 km de Wassy).

c) Éch. n° 6 : route de Wassy à Villier-aux-Bois, à 1 km au NE de l'église de Wassy, un peu avant l'entrée du bois.

d) Éch. n° 12 : 1 km au NE du village d'Attancourt sur le chemin d'Attancourt à Villier-aux-Bois, à l'entrée de la forêt près de la statue.

e) Éch. n° 22 : à 200 m du croisement avec la tranche de Prèz sur le chemin de Trois-Fontaines dans la direction de Trois-Fontaines.

f) Éch. n° 24 : sortie de Trois-Fontaines par la route de Villier-aux-Bois, au dernier tournant avant Trois-Fontaines à l'entrée d'un champ.

Le Barrémien inférieur est représenté par une argile grise ostréenne avec *Ostrea leymeriei* comme espèce caractéristique. Les autres espèces communes sont : *Exogyra boussingaulti* var. *minor*, *Corbis cordiformis*, *Exogyra couloni* (de petite taille) et *Alectryona macroptera*.

2. *Ostracodes*.

<i>Brachycythere concentrica</i> (REUSS) (F)	<i>Eucythere trigonalis</i> (JONES et HINDE) (R)
<i>Cythereis bonnemai</i> TRIEB. (F)	
<i>C. reticulata</i> JONES et HINDE (C)	<i>Habrocythere fragilis</i> TRIEB. (R)
<i>C. rudispinata</i> CHAPMAN et SHERBORN (R)	<i>Haplocytheridea bilobata</i> TRIEB. (R)
<i>C. senckenbergi</i> (jeune) TRIEB. (F)	<i>H. brevis</i> (CORN.) (F)
<i>C. thörenensis</i> TRIEB. (R)	<i>H. jonesiana</i> (BOSQUET) (R)
<i>C. villierensis</i> n. sp. (R)	<i>Monoceratina acanthoptera</i> MARSSON (R)
<i>Cytherella frederickburgensis</i> ALEX. (C)	<i>Orthonotacythere inversa</i> (CORN.) (R)
<i>Cyt. ovata</i> ROEM. (F)	<i>Paracypris acuta</i> (CORN.) (R)
<i>Cytherelloidea chapmani</i> (JONES) (R)	<i>Platycythereis baillyensis</i> n. sp. (C)
<i>Doloccytheridea hilseana</i> (ROEM.) (F)	<i>Protocythere auriculata</i> (CORN.) (C)
<i>Eocytheropteron wassyensis</i> n. sp. (F)	<i>Pr. hechti</i> TRIEB. (C)
	<i>Pr. rugosa</i> (CORN.) (C)
	<i>Pr. triplicata</i> (ROEM.) (R).

D. BARRÉMIEN SUPÉRIEUR.

1. *Gisements*. a) Éch. n° 7 : en suivant la route de Wassy à Villier-aux-Bois, à 2 km au NE de l'église de Wassy à l'entrée du bois : à droite, argile marbrée rose azoïque avec taches blanches.

b) Éch. n° 8 : à la bifurcation de la route de Wassy à Villier-aux-Bois et de celle de Wassy à Flornoy, à 2 km au NE de l'église de Wassy, affleurement de sable ferrugineux (oolithes ferrugineuses).

c) Éch. n° 11 : à 1 km au NNW de la ferme de Bois-l'Abbesse, près du passage à niveau (immédiatement au N) de la ligne Saint-Dizier à Wassy : argile marbrée (terre réfractaire) azoïque.

1. (R) : rare ; (F) : fréquent ; (C) : commun.

d) Éch. n° 13 : à 1,7 km au NE d'Attancourt, sur le chemin d'Attancourt à Villier-aux-Bois, en pleine forêt, au croisement avec une tranche : argile rose azoïque.

e) Éch. n° 21 : sur l'ancien chemin de Trois-Fontaines (commençant entre Eurville et Préz-sur-Marne), à 200 m avant le croisement avec la tranche de Préz dans la direction de Trois-Fontaines : affleurement de sables ferrugineux (oolithes).

f) Éch. n° 23 : à la sortie du bois, à 500 m au N de Trois-Fontaines sur le chemin de Trois-Fontaines : affleurement d'argile rose marbrée et de sable ferrugineux (oolithes) :

2. *Ostracodes*. *Herpetocypris* sp. (gisement n° 7) ; *Herpetocyprilla* sp. (gisement n° 11).

E. APTIEN INFÉRIEUR.

1. *Gisements*. a) Éch. n° 9 : à 0,6 km au SSW de la ferme de Bois-l'Abbesse, sur le bord d'un ruisseau là où la tranche SSE-NNW le coupe : argiles grises caractérisées par *Ostrea aquila* (formant de véritables bancs), *Plicatula placunea*, *Terebratula sella*.

b) Éch. n° 26 : de la bifurcation des routes de Wassy et de Valcourt part un chemin (vers le S) ; au commencement de ce chemin : argiles grises aptiennes.

2. *Ostracodes*. *Brachythere concentrica* (REUSS) (C) ; *Cytheropteron pantaleonensis* n. sp. (C) ; *Dolocysteridea hilseana* (ROEMER) (R).

F. APTIEN SUPÉRIEUR.

1. *Gisements*. Éch. n° 14 : sur la rive gauche de la Blaise, en bordure de la forêt du Der, en haut de Louvement, au commencement du chemin supérieur d'Allichamps : carrière de sables blancs, avec *Exogyra aquila*.

2. *Ostracodes*. Ce sable est azoïque.

G. ALBIEN INFÉRIEUR.

1. *Gisements*. a) Éch. n° 10 : à 1, 2 km à l'W de la ferme de Bois-l'Abbesse, au fond de la tranchée de chemin de fer du côté est (ligne de Saint-Dizier à Wassy) : sables verts foncés.

b) Éch. n° 16 (même endroit que n° 15) : sables verts.

Dans ces gisements on trouve surtout du bois silicifié, des vertèbres et *Douvilleiceras mamillatum*.

2. *Ostracodes*. Les gisements sont azoïques.

H. ALBIEN SUPÉRIEUR.

1. *Gisements*. a) Éch. n° 15 : en haut de la carrière de Moëslains, à 0,7 km au SSW de Moëslains (église), près de la route de Moëslains à Eclaron (côté est).

b) Éch. n° 25 : à Valcourt, au N du chemin de Valcourt à Humbécourt, à l'E et au début de ce chemin : carrière. L'Albien supérieur est représenté par de l'argile micacée gris-bleu avec gypse et pyrite de fer. Les gisements sont fossilifères : on y trouve des Ammonites (*Douvilleiceras mamillatum*, *Desmoceras beudanti*, *Acanthoceras lyelli*, *Hoplites*) ; des Lamellibranches

(*Nucula pectinata*, *Plicatula radiola*, *Inoceramus concentricus*, *Arca* (*Gramatodon*) *carinata*.

2) *Ostracodes*.

<i>Brachycythere concentrica</i> (REUSS) (C)	<i>Haplocytheridea jonesiana</i> (BOSQUET) (F)
<i>Cythereis bonnemai</i> TRIEB. (R)	
<i>C. reticulata</i> JONES ET HINDE (C)	<i>Isocythereis fortinodis</i> TRIEB. (R)
<i>C. senckenbergi</i> (BOSQUET) (F)	<i>Orthonotacythere inversa</i> (CORN.) (R)
<i>Cytherella frederickburgensis</i> ALEX. (C)	<i>Platycythereis degenerata</i> TRIEB. (R)
<i>Cyt. ovata</i> (ROEMER) (F)	<i>Protocythere auriculata</i> (CORN.) (F)
<i>Cyt. scotti</i> ALEX. (C)	<i>Pr. rugosa</i> (CORN.) (R)
	<i>Pr. triplicata</i> (ROEMER) (C).

CONCLUSIONS STRATIGRAPHIQUES ET PALÉOGÉOGRAPHIQUES. —

Les espèces qui ont une extension stratigraphique faible et une forte extension géographique sont les suivantes : *Platycythereis degenerata*, *Isocythereis fortinodis*, *Cytherella scotti* pour l'Albien : *Protocythere hechti*, *Haplocytheridea bilobata* pour l'Hauterivien et le Barrémien ; *Doloccytheridea hilseana* du Valanginien à l'Aptien.

Les espèces nouvelles suivantes : *Platycythereis baillyensis*, *Cythereis villierensis*, *Eocytheropteron wassyensis*, *Cytheropteron panteleonensis* sont localisées dans un seul niveau, et sont susceptibles de devenir des espèces intéressantes si leur extension géographique se révèle grande. Les faciès suivants : sables ferrugineux littoraux (Valanginien), le calcaire (Hauterivien), les sables ferrugineux et l'argile marbrée continentaux (Barrémien supérieur), le sable vert littoral (Albien inférieur), les sables blancs (Aptien supérieur) semblent être défavorables ici au développement des Ostracodes. Le faciès argileux et marneux (Barrémien inférieur et Albien supérieur) est caractérisé par leur abondance.

II. Étude paléontologique des espèces nouvelles ou déjà décrites par Cornuel.

Sous-ordre IV : Podocopa

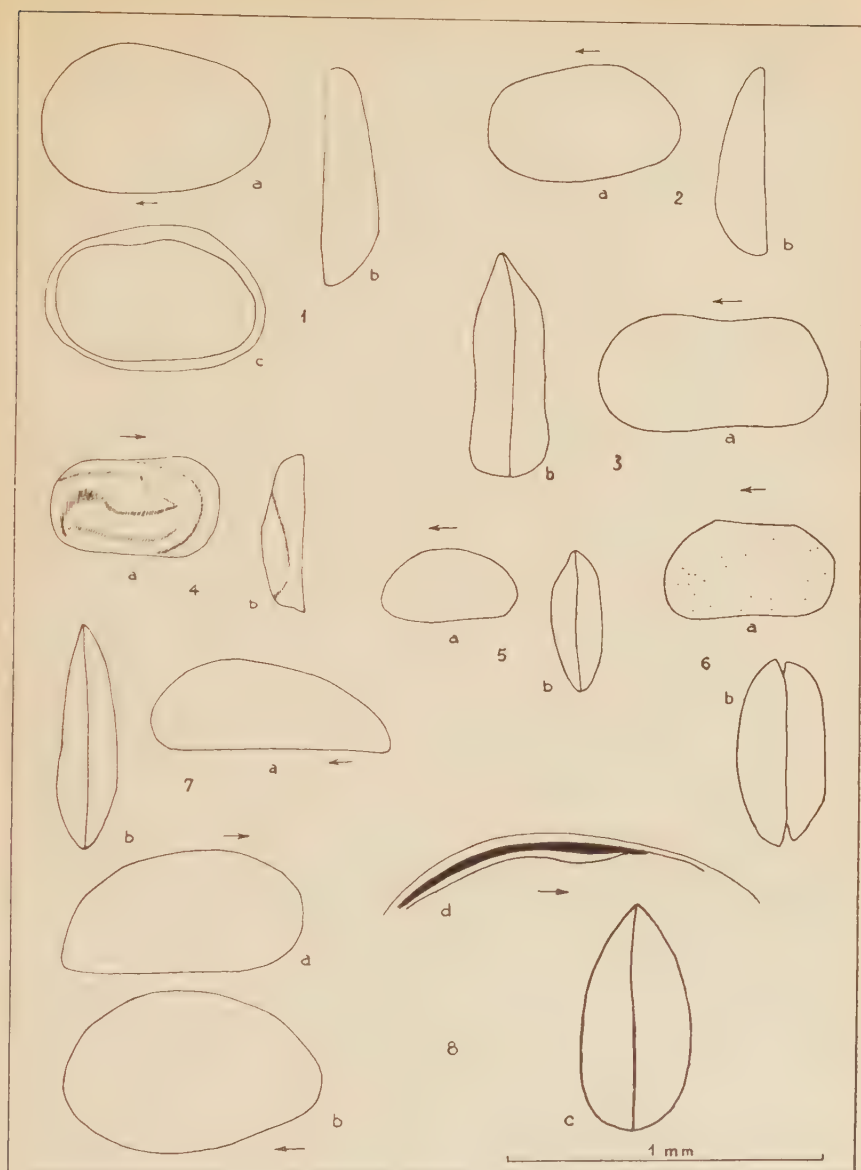
Famille : Cypridae

Paracypris acuta (CORNUEL) 1848.

PL. XXII, fig. 7 ; texte-pl. I, fig. 7.

Cythere acuta CORNUEL [1848, p. 242, pl. 1, fig. 7, 8, 9].

DESCRIPTION. Carapace allongée et pointant en arrière, bord antérieur arrondi, bord dorsal formant un grand arc, bord ventral droit ou légèrement concave.



TEXTE-PLANCHE I.

1 : *Cytherella ovata* ROEMER ; 2 : *C. frederickburgensis* ALEX. ; 3 : *C. scotti* ALEX. ; 4 : *Cytherelloidea chapmani* JONES et HINDE ; 5 : *Herpetocypris* sp. ; 6 : *Herpetocyprilla* sp. ; 7 : *Paracypris acuta* CORN. ; 8 : *Dolocytheridea hilseana* ROEMER.

FIG. 1 à 7. a : valve gauche ; b : vue dorsale ; c : vue interne droite. — FIG. 8. a : valve droite ; b : valve gauche ; c : vue dorsale ; d : charnière valve gauche.

Diam. antéro-post. : 0,72 mm ; diam. dorso-ventral max. : 0,28 ; rapport : 2,6.

GISEMENTS. N° 18 (Hauterivien) (R) ; n° 3 (Barrémien inf.) (R).

Famille : Cytheridae

Dolocytheridea hilseana (ROEMER).

Pl. XXII, fig. 11 et 12 ; texte-pl. I, fig. 8.

Cytherina hilseana ROEMER [1841, p. 104, pl. XVI, fig. 17].

Cythere amygdaloides CORNUEL [1846, p. 197, pl. VII].

non *Cyth. amygd. var. brevis* CORNUEL [1846, p. 139].

non *Cyth. amygd. var. arcuata* CORNUEL [1846, p. 199].

Cythere amygdaloides var. lata CORNUEL [1848, p. 242, pl. 3, fig. 2-4].

non *Cytheridea amygdaloides* (CORNUEL). Alexander [1929].

Dolocytherides hilseana TRIEBEL [1938, p. 495, pl. 4, fig. 68, 79, pl. 6, fig. 90].

Une excellente description est donnée par Triebel.

Dans sa description et sa figuration, Cornuel [1846, p. 197, pl. VII, fig. 2-9] s'est trompé sur la charnière. Il a vu sur la valve droite une alvéole interne qui n'existe pas, et sur la valve gauche une dent interne qui est simplement le rebord interne de l'alvéole. La fig. 3 (valve droite) ne correspond à rien. En réalité les alvéoles n'existent pas. La fig. 5 correspondrait à la variété 2 que j'ai trouvée.

La variété *cylindracea* de Cornuel avec des punctuations sur toute la surface n'existe pas. Les punctuations ne couvrent que la partie médiane.

La variété *pyriformis* n'existe pas. Les variétés *arcuata* et *brevis* de Cornuel appartiennent à un autre genre : *Haplocytheridea* et non *Dolocytheridea*. Au contraire les variétés *lata* et *punctulata* sont des variations de l'espèce *Dolocytheridea hilseana*.

L'espèce décrite par Triebel sous le nom de *Haplocytheridea punctulata* CORNUEL n'a aucun rapport avec la variété *punctulata* décrite par Cornuel de l'espèce *Dolocytheridea hilseana*.

GISEMENTS. N°s 3, 5, 6, 12 (Barr. inf.) (F) ; n° 9 (Apt. inf.) (R).

Haplocytheridea brevis (CORNUEL) 1846.

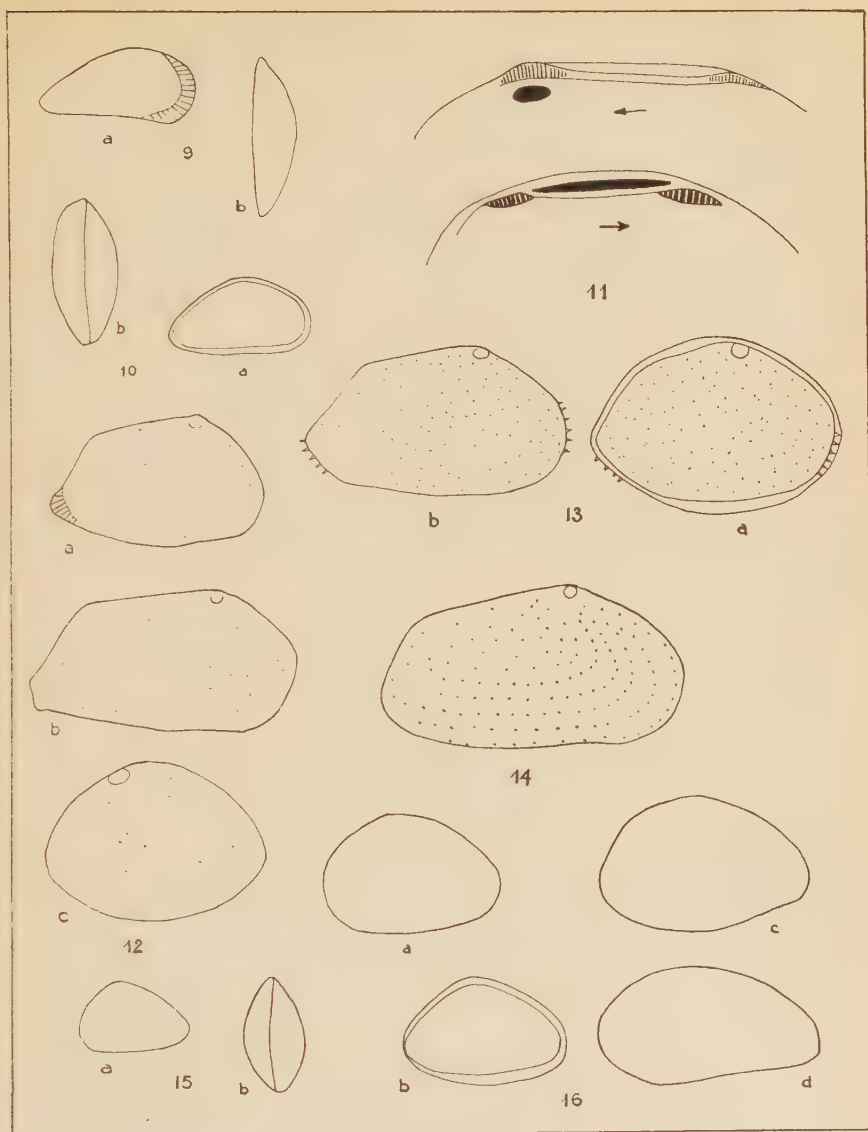
Pl. XXII, fig. 2, 3 ; texte-pl. II, fig. 15, 16.

Cythere amygdaloides var. brevis CORNUEL [1846, p. 199].

Cythere amygdaloides arcuata CORNUEL [1846, p. 199].

Haplocytheridea amygdaloides var. brevis ALEXANDER [1929, p. 70, pl. 4, fig. 13].

DESCRIPTION. 1) Valve gauche : aspect triangulaire. Bord dorsal très convexe, bord ventral droit, se relevant vers l'arrière, extrémité antérieure



TEXTE-PLANCHE II.

- 9 : *Eucythere trigonalis* JONES et HINDE (a : valve droite ; b : vue dorsale) ; 10 : *Habrocythere fragilis* TRIEB. (a : valve droite ; b : vue dorsale) ; 11 : *Haplocytheridea* (genre), charnière ; 12 : *H. bilobata* TRIEB. (a et b : valve droite ; c : valve gauche) ; 13 et 14 : *H. jonesiana* BOSQUET (13 a et b : valve droite ; 14 : valve droite usée) ; 15 et 16 : *H. brevis* CORN. (15 a : valve gauche ; 15 b : valve droite ; 16 a et b : valve gauche ; 16 c et d : var. *arcuata*, valve gauche).

obtus, extrémité postérieure plus pointue. Surface lisse. Charnière formée par une alvéole crénelée antérieure, une crête séparée du bord dorsal par un sillon, puis une alvéole postérieure peu visible. Le bord ventral intérieurement forme un léger sinus.

2) *Valve droite* : deux angles antéro- et postéro-dorsaux, extrémité antérieure à convexité dirigée vers le bas, bord ventral déprimé, extrémité postérieure pointant vers le bas.

Charnière : dents crénelées et crête crénelée.

Diam. antéro-post. : 0,51 à 0,67 ; diam. dorso-ventr. : 0,36 à 0,42 ; rapport : 1,4-1,6.

Il existe une variété *arcuata* plus allongée avec un renflement ventral.

Cette espèce, ainsi que sa variété *arcuata*, qui appartiennent nettement d'après la charnière au genre *Haplocytheridea* ont été décrites et figurées par Cornuel sous le nom de *Cythere amygdaloides* var. *brevis* et var. *arcuata*.

Mais *Cythere amygdaloides* est en réalité *Dolococytheridea hilseana*, et n'a aucun rapport avec cette soi-disant variété qui est une *Haplocytheridea*. Alexander a vu aussi qu'il s'agissait d'une *Haplocytheridea*.

GISEMENTS. N^{os} 3, 5, 6, 12, 24 (Barrémien inf.) (F).

Sous-famille : **Cytherinae**

Protocythere triplicata (ROEMER).

Texte-pl. III, fig. 19.

Cytherina triplicata ROEMER [1841, p. 104, pl. XVI, fig. 16].

non *Cythereis triplicata*. Jones [1849, p. 18, pl. III, fig. 9].

non *Cythereis triplicata*. Jones et Hinde [1890, p. 19, pl. I, fig. 56-61].

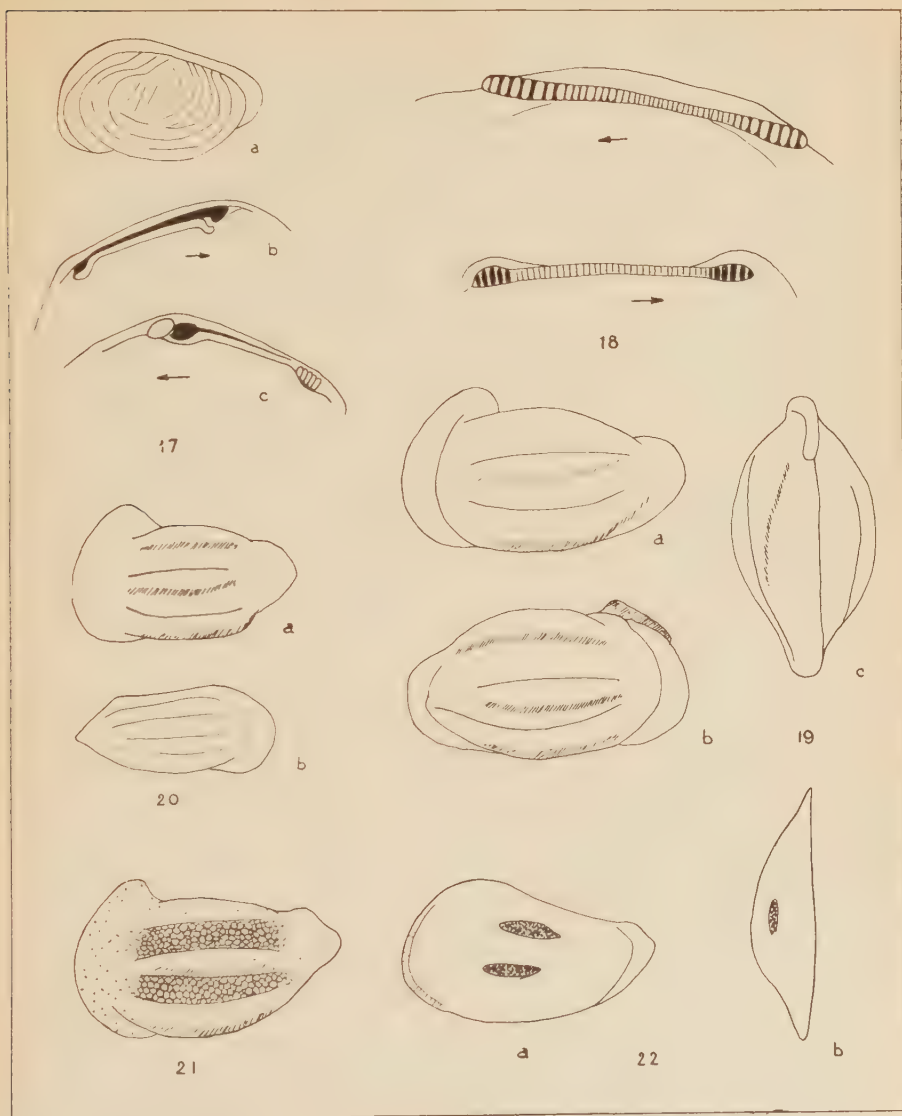
Cythere auriculata CORNUEL (*pars*) [1846, p. 200, pl. V, fig. 14-15].

Cythere auriculata var. *semi-marginata* CORNUEL [1848, p. 243].

Protocythere triplicata. Triebel [1938, p. 182-184 ; pl. I, fig. 1-5 ; pl. III, fig. 33-37].

Une description excellente est donnée par Triebel [1938, p. 182-184, pl. I, fig. 1-5 ; pl. III, fig. 33-37.]

La description et la figuration de Cornuel ne correspondent à aucune de mes espèces. En effet, aucune de mes espèces n'a un sillon médian entre deux bourrelets, ni une crête médiane entre 2 sillons. Les échantillons-types m'ont montré que l'espèce que Cornuel désigne sous le nom de *Cythere auriculata* correspond en réalité à deux espèces qu'il n'a pas distinguées : *Protocythere triplicata* ROEMER et une espèce nouvelle : *Protocythere auriculata* CORNUEL.



TEXTE-PLANCHE III.

17 : *Brachycythere concentrica* REUSS (a : valve gauche ; b : charnière valve gauche ; c : charnière valve droite) ; 18 : *Protocythere* (genre), charnière ; 19 : *Pr. triplicata* ROEMER (a : valve gauche ; b : valve droite ; c : vue dorsale) ; 20 : *Pr. hechti* TRIEB. (a : valve gauche ; b : valve droite) ; 21 : *Pr. rugosa* CORN., valve gauche ; 22 : ?

GISEMENTS. N° 18 (Hauterivien) (R) ; n°s 3, 5 (Barrémien inf.) (R) ; n° 25 (Albien sup.) (C).

Protocythere auriculata (CORNUEL) 1846.

Pl. XXII, fig. 9 ; texte-pl. IV, fig. 23.

Cythere auriculata CORNUEL [1846, « *pars* », p. 200, pl. VIII, fig. 19].

Cythereis auriculata. Jones et Hinde [1890, p. 19, pl. X, fig. 53-55].

Protocythere auriculata. Triebel [1938, p. 195-196, pl. 2, fig. 27-31].

La description est donnée par Triebel. La charnière est intéressante, parce qu'elle constitue une forme de passage entre le genre *Protocythere* et *Cythereis*.

Chez *Protocythere*, la charnière est formée de deux dents crénelées séparées par un sillon crénelé. Chez *Protocythere auriculata* apparaît une petite fossette en arrière de la dent antérieure, le reste de la charnière étant identique au genre *Protocythere*. Chez *Cythereis*, la fossette est très développée et la forme de la dent antérieure est différente.

GISEMENTS. N° 5 (Barrémien inf.) (C) ; n°s 15, 25 (Albien sup.) (F).

Protocythere rugosa (CORNUEL) 1846.

Pl. XXII, fig. 8 ; texte-pl. III, fig. 21.

Cythere auriculata var. *rugosa* CORNUEL [1846, p. 200, pl. VII, fig. 19].

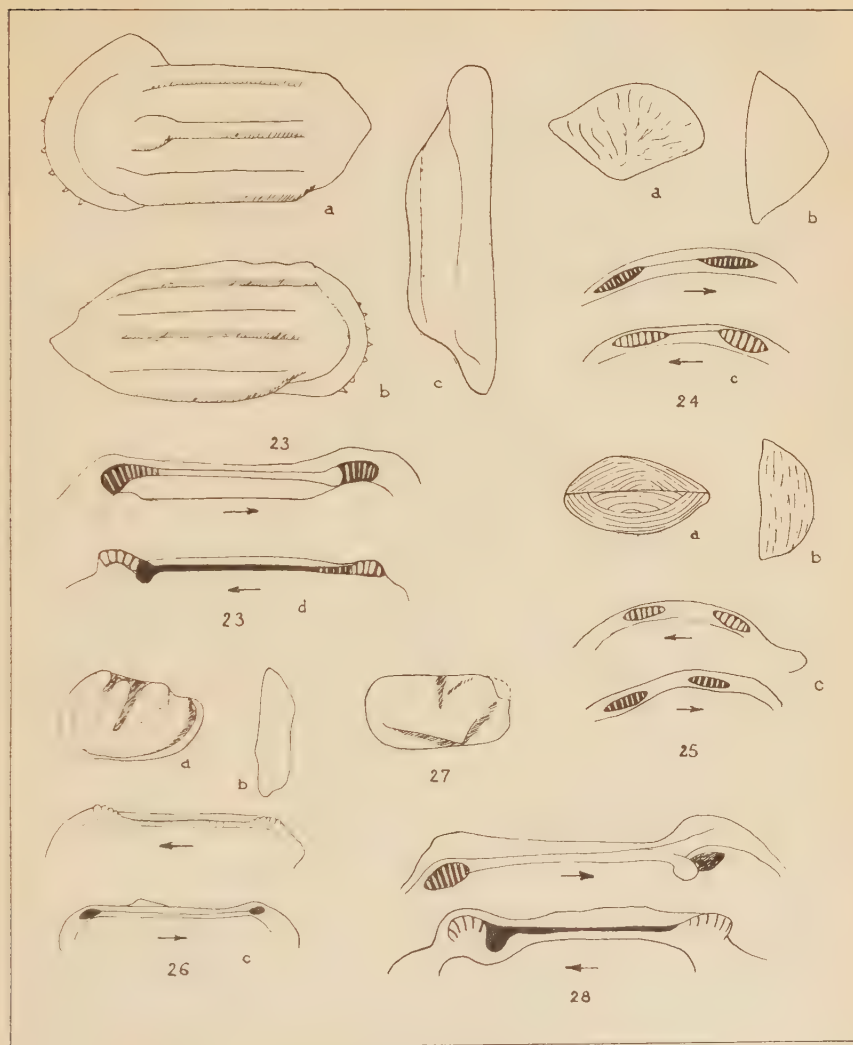
Cythereis triplicata JONES [1849, pl. 18, pl. III, fig. 9 a-h].

DESCRIPTION. Même forme générale que *Protocythere triplicata* ROEMER, crête dorsale dépassant le milieu du bord dorsal, crête ventrale dépassant ventralement le milieu du bord ventral. Réticulations très fines réduites à une ponctuation antérieure et postérieure, moins fine entre les crêtes, très fine sur les crêtes.

Diam. antéro-post. : 6,8 mm. ; diam. dorso-ventr. max. : 0,42 ; rapport : 1,9.

La description par Jones [1849, p. 18, pl. III, fig. 9 a-h] de *Cythereis triplicata* a fait penser à *Protocythere rugosa*, mais il parle de points au lieu de réticulations. Cornuel lui-même a pris ces réticulations pour des rides.

GISEMENTS. N° 5 (Barrémien inf.) (C) ; n°s 15, 25 (Albien sup.) (R).



TEXTE-PLANCHE IV.

- 23 : *Protocythere auriculata* CORN. (a : valve gauche ; b : valve droite ; c : vue dorsale ; d : charnière) ; 24 : *Cytheropteron pantaleonensis* n. sp. (a : valve droite ; b : vue dorsale ; c : charnière) ; 25 : *Eocytheropteron wassyensis* n. sp. (a : valve gauche ; b : vue ventrale ; c : charnière) ; 26 : *Orthonotacythere inversa* CORN. (a : valve gauche ; b : vue dorsale ; c : charnière) ; 27 : *Monoceratina umbonatum* var. *acanthoptera* MARSSON, valve gauche ; 28 : *Cythereis*, charnière.

Sous-famille : **Loxoconchinae***Cytheropteron pantaleonensis* n. sp.

Pl. XXII, fig. 4 ; texte-pl. IV, fig. 24.

DESCRIPTION. Ovale. Bord dorsal convexe, bord antérieur arrondi, bord postérieur formant un angle aigu. Expansion en forme « d'aile » surplombant largement le bord ventral. Extrémité de cette expansion pointue. Sillons à peine marqués dans tous les sens.

Diam. antéro-post. : 0,47 mm ; diam. dorso-ventr. max. : 0,23 ; rapport : 1,8. — Épaisseur : 0,26 mm.

GISEMENT. N° 9 (Aptien inférieur) (C).

Eocytheropteron wassyensis n. sp.

Pl. XXII, fig. 5 ; texte-pl. IV, fig. 25.

DESCRIPTION. Ovale. Bord dorsal formant un arc, valves très renflées, extrémité antérieure arrondie et extrémité postérieure aiguë et très déprimée. Deux carènes partant de l'extrémité antérieure, s'écartant au milieu puis convergeant de nouveau vers l'extrémité postérieure et découpant la surface bombée en trois parties. Sillons longitudinaux et entrecoupés surtout entre les deux carènes, s'estompant près du bord ventral.

Diam. antéro-post. : 0,44 ; diam. dorso-ventr. max. : 0,16 ; rapport : 2,8.

GISEMENTS. N°s 3, 12, 24 (Barrémien inf.) (F).

Orthonotacythere inversa (CORNUEL) 1848.

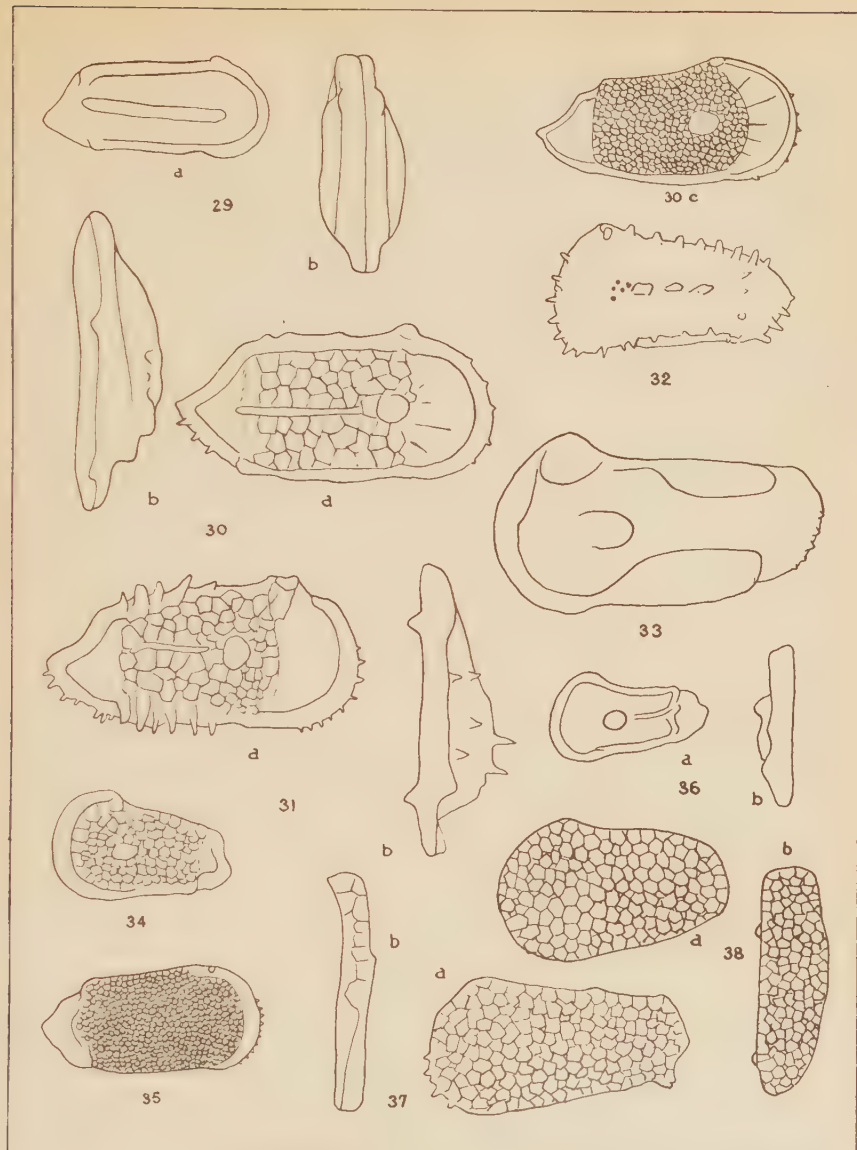
Pl. XXII, fig. 1 ; texte-pl. IV, fig. 26.

Cythere inversa CORNUEL [1848, p. 244, pl. I, fig. 12, 13, 14].

DESCRIPTION. Espèce petite et fragile, bord antérieur formant un arc avec dépression marginale, bord dorsal droit formant un angle antéro-dorsal, bord ventral légèrement arqué, surtout vers l'arrière. Extrémité postérieure aiguë dans le prolongement du bord dorsal.

Sillon vertical entre deux tubercules dorsaux, bord ventral surélevé. Ponctuations sauf dans le sillon et la dépression marginale.

GISEMENTS. N° 3 (Barrémien inf.) (R) ; n° 15 (Albien sup.) (R).



TEXTE-PLANCHE V.

29 : *Cythereis bonnemai* TRIEB. (a : valve droite ; b : vue dorsale) ; 30 : *C. reticulata* JONES et HINDE (a : valve droite ; b : vue dorsale ; c : forme jeune, valve droite) ; 31 : *C. thörenensis* TRIEB. (a : valve droite ; b : vue dorsale) ; 32 : *C. rudispinata* CHAPMAN et SHERBORN, valve gauche ; 33 : *C. villierensis* n. sp., valve gauche ; 34 : *C. reticulata* JONES et HINDE, valve gauche ; 35 : *C. senckenbergi* TRIEB., forme jeune, valve droite ; 36 : *Isocythereis fortinodis* TRIEB. (a : valve gauche ; b : vue dorsale) ; 37 : *Platycythereis degenerata* TRIEB. (a : valve gauche ; b : vue dorsale) ; 38 : *Pl. baillijensis* n. sp. (a : valve gauche ; b : vue dorsale).

Famille : **Trachyleberidae**Sous-famille : **Trachyleberinae***Cythereis bonnemai* TRIEBEL 1940.

Texte-pl. V, fig. 23.

Cythere auriculata var. *simplex* CORNUEL [1848, p. 245, pl. I, fig. 10-11].*Cythereis bonnemai* TRIEBEL [1940, p. 204-206, pl. VII, fig. 67-70].

La description est donnée par Triebel.

L'étude des échantillons-types me montre que la variété « *Cythere auriculata* var. *simplex* » est bien *Cythereis bonnemai*.GISEMENTS. N^{os} 2, 5, 12, 24 (Barrémien inf.) (F) ; n^o 25 (Albien sup.) (R).*Cythereis villierensis* n. sp.

Pl. XXII, fig. 10 ; texte-pl. V, fig. 33.

DESCRIPTION. Crête ventrale surplombant au milieu le bord ventral, extrémité postérieure pointant vers le haut, angle postéro-dorsal, crête dorsale surplombant le bord dorsal au milieu, bord antérieur denticulé, bourrelet musculaire médian développé, pas de crête médiane.

Diam. antéro-post. : 1,01 mm ; diam. dorso-ventr. max. : 0,56 ; rapport : 1,8.

GISEMENT. N^o 5 (Barrémien inf.) (R).*Platycythereis baillyensis* n. sp.

Pl. XXII, fig. 6 ; texte-pl. V, fig. 38.

DESCRIPTION. Bord dorsal droit formant un angle avec le bord antérieur, bord postérieur un peu arrondi en arrière vers le haut, valves bombées uniformément, grosse réticulation hexagonale.

Diam. antéro-post. : 0,71 ; diam. dorso-ventr. max. : 0,43 ; rapp. 1,6. — Épais. max. : 0,09.

GISEMENTS. N^{os} 3, 5, 6 (Barrémien inf.) (C).

	ALLEMAGNE	ANGLETERRE	ÉTATS-UNIS	VALANGINIEN	HAUTERIVIEN	BARRÉMIEN INF.	BARRÉMIEN SUP.	APTIEN	ALBIEN INF.	ALBIEN SUP.	CÉNOMANIEN	TURONIEN	SÉNONIEN	TERTIAIRE
<i>Platycythereis baillyensis</i> n. sp.						×								
<i>Pl. degenerata</i> TRIEB.....	●									×				
<i>Isocythereis fortinodis</i>	●									×				
<i>Cythereis villierensis</i> n. sp.....														
<i>C. senckenbergi</i> TRIEB.....	●					×								
<i>C. rudispinata</i> CHAPMAN et SHERBORN.....	●					✓								
<i>C. thürenensis</i> TRIEB.....	●					✓								
<i>C. reticulata</i> JONES et HINDE...	●	●				✓				×				
<i>C. bonnemai</i> TRIEB.....	●					✓				✓				
<i>Monoceratina acanthoptera</i> MARSSON.....		●												
<i>Orthonotacythere inversa</i> (CORN.)..						✓				✓				
<i>Eocytheropteron wassyensis</i> n. sp.						✓								
<i>Cytheropteron pantaleonensis</i> n. sp.														
<i>Protocythere rugosa</i> (CORN.)...										×				
<i>Pr. auriculata</i> CORN.....	●					×				✓				
<i>Pr. hechi</i> TRIEB.....	●					✓								
<i>Pr. triplicata</i> (ROEMER).....	●	●								×				
<i>Brachycythere concentrica</i> (REUSS).....	●	●					✓			✓				
<i>Haplocytheridea brevis</i> (CORN)...			●											
<i>H. jonesiana</i> (BOSQUET).....	●	●				✓				✓				
<i>H. bilobata</i> TRIEB.....	●													
<i>Habrocythere fragilis</i> TRIEB....	●					✓								
<i>Eucythere trigonalis</i> (JONES et HINDE).....	●	●												
<i>Dolocytheridea hilseana</i> (ROEMER).....	●													
<i>Paracypris acuta</i> (CORNUEL)....														
<i>Herpetocypris</i> sp.....														
<i>Herpetocypris</i> sp.....							✓							
<i>Cytherelloidea chapmani</i> JONES.		●												
<i>Cytherella frederickburgensis</i> ALEX.....			●			✓								
<i>Cyt. ovata</i> ROEMER.....	●	●	●											
<i>Cyt. scotti</i> ALEX.....			●											

TABLEAU STRATIGRAPHIQUE.

× : mes propres gisements et ceux de Cornuel ;

— : extension stratigraphique générale ; ● : extension géographique.

BIBLIOGRAPHIE

- ALEXANDER (1929). — Ostracoda of the Cretaceous of North Texas. *Univ. Texas Bull.*, n° 2907.
- (1933). — Shell structure of Ostracoda *Cytheropteron* sp. from Cret. Texas. *Jour. Pal.*, vol. 7, p. 181-114, pl. 25-27.
- (1934). — Ostracoda of genera Monoceratina and Orthonotacythere from Cretaceous Texas. *Ibid.*, vol. 8, p. 57-67, pl. 8.
- CORNUEL J. (1846). — Description des Entomostracés fossiles des terrains crétacés inférieurs de la Haute-Marne. *Mém. Soc. géol. France*, Géol., 2^e sér., t. II, fasc. 5, p. 193-205, pl. 7.
- (1848). — Description de nouveaux fossiles microscopiques des terrains crétacés inférieurs de la Haute-Marne. *Ibid.*, Géol., 2^e sér., t. III, fasc. 3, p. 241-246, pl. I, fig. 1-15.
- GRÉKOFF (1951). — Données sur l'utilisation des Ostracodes dans les études stratigraphiques et paléogéographiques. Paris, Institut fr. du Pétrole.
- JONES T. R. (1849). — Monography of the Entomostraca from Cretaceous formations of England. *Paleont. Soc. London*.
- JONES et HINDE (1890). — A supplementary monography from Cretaceous Entomostraca England and Ireland. *Ibid.*
- ROEMER (1841). — Versteinerungen nordeutschen Kreidegebirges. Hanovre.
- STCHÉPINSKY V. (1949 a). — Géologie et ressources minérales de la commune de Saint-Dizier. *Cahiers haut-marnais*, n° 18.
- (1949 b). — *Id.*, *ibid.*, n° 19-20.
- (1952). — Aperçu de l'histoire géologique de la Haute-Marne. *Ibid.*, n° 30.
- (1953). — Données nouvelles sur l'Albien et l'Aptien de la Champagne humide. *C. R. Ac. Sc.*, t. 237, p. 489-491.
- TRIEBEL (1938 a). — Ostrakoden Untersuchungen : Protocythere et Exophtalmocythere auss. der deutschen Kreide. *Senckenberg.*, Bd 20, p. 179-200, pl. 1-9.
- (1938 b). — Die Ost. der deuts. Kreide. Die Cytheridea Arte der unteren Kreide. *Ibid.*, Bd 20, p. 471-501, pl. 1-6.
- (1940). — Die Ostr. der deutschen Kreide. *Ibid.*, Bd 22, p. 160-227, 10 pl.

LÉGENDE DE LA PLANCHE XXII

- FIG. 1. — *Orthonotacythere inversa* (CORNUEL).
- FIG. 2 et 3. — *Haplocytheridea brevis* (CORNUEL). 2 : valve droite ; 3 : valve gauche.
- FIG. 4. — *Cytheropteron pantaleonensis* n. sp.
- FIG. 5. — *Eocytheropteron wassyensis* n. sp.
- FIG. 6. — *Platycythereis baillyensis* n. sp.
- FIG. 7. — *Paracypris acuta* (CORNUEL).
- FIG. 8. — *Protocythere rugosa* (CORNUEL).
- FIG. 9. — *Pr. auriculata* (CORNUEL).
- FIG. 10. — *Cythereis villierenensis* n. sp.
- FIG. 10 et 11. — *Dolocytheridea hilseana* (ROEMER). 10 : valve droite ; 11 : valve gauche.

Toutes les figures $\times 40$.

DESCRIPTION D'UN NOUVEAU LAMELLIBRANCHE :
NUCULA RENOUARDI N. SP. DU PORTLANDIEN DU LIBAN

PAR Denise Mongin ¹.

PLANCHE XXIII a.

Sommaire. — Description d'une *Nuculidae* nouvelle, dont les caractères morphologiques sont tout à fait exceptionnels dans une espèce jurassique. Elle a été recueillie par M. Renouard dans les « calcaires de Salima » du Liban (Portlandien).

Dans la région de Bikfaya, à 20 km à l'E de Beyrouth, le Jurassique supérieur, étudié par G. Renouard (1951, *in litt.*) se termine par 150 m d'une formation appelée « calcaire de Salima » et attribuée au Portlandien ².

Les fossiles présentés ici, et dont M. Roger m'avait confié l'étude en 1951, ont été recueillis par M. Renouard à la surface de rognons de sidérose phosphatés. Ces rognons, le plus souvent limonitisés, sont disséminés dans un banc d'argile schisteuse couleur chocolat qui affleure entre Chouer et le couvent Mar Elias, près de Bikfaya ³.

Ces Lamellibranches du genre *Nucula* ont une taille et une ornementation inconnues jusqu'à présent dans les espèces de *Nucula* du Secondaire.

Il a été nécessaire de créer une espèce nouvelle appelée *Nucula renouardi*.

Nucula renouardi nov. sp.

PLANCHE XXIII a, FIG. 1 ET 2.

DIMENSIONS : d. a. p. = 38,2 mm et 37,4 mm ; d. u. p. = 26,8 mm et 25,9 mm ; convexité impossible à mesurer.

2 échantillons dont 1 en mauvais état, mais possédant chacun la moitié de leur charnière.

DIAGNOSE. — Coquille grande (pour une *Nucula*), ovale, allongée ; côté postérieur arrondi et court, côté antérieur beaucoup plus allongé et légère-

1. Note présentée à la séance du 8 novembre 1954.

2. DUBERTRET L. (1951) : Carte géologique de Beyrouth au 50 000^e, p. 24. — (1953) : Carte de Zahlé, p. 22 (Notices explicatives).

3. Renseignements aimablement communiqués par G. Renouard le 11 novembre 1951. La stratigraphie détaillée de la coupe se trouve dans les travaux de cet auteur.

31 mai 1955.

Bull. Soc. Géol. Fr. (6), IV. — 32

ment anguleux ; crochets pointus ; charnière montrant la partie antérieure avec 12 dents seulement visibles et en forme de chevrons, comme toutes les dents de ce genre.

L'ornementation est composée de 17 à 18 grosses côtes concentriques au bord anguleux et couchées vers le crochet. Entre les premières côtes, il n'existe aucun intervalle entre la base de la côte supérieure et le sommet de l'inférieure, mais, vers le bord palléal, entre les 4 dernières, les intervalles sont distincts, étroits et lissés. La marge ventrale n'a pas été conservée sur ces coquilles, mais l'empreinte de l'une d'elles ne montre pas de crénelures.

OBSERVATIONS. — L'absence de ce caractère important m'empêche de classer les échantillons libanais dans le sous-genre *Lamellinucula* défini par Schenck [1944, p. 97] de la façon suivante : « les raisons de séparer les *Lamellinucula* des autres *Nucula* résident dans : la combinaison de la sculpture concentrique aiguë, les rides radiales faibles, la marge ventrale crénelée intérieurement et 4 à 12 dents postérieures ». Les dents postérieures ne sont pas visibles non plus sur les spécimens étudiés. L'assimilation au *Lamellinucula* n'est donc pas possible, d'autant plus que ce sous-genre n'est signalé que depuis l'Éocène jusqu'à nos jours.

Le sous-genre *Nuculoma* COSSMANN du Jurassique (*in* Stearns Mac Neil [1951]) est représenté par des coquilles plus petites, dont les côtes concentriques sont inclinées vers le bord palléal, exactement le contraire de notre espèce.

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES. — Les seules espèces de *Nucula* qui appartiennent au même groupe que *N. renouardi* sont :

1) *Nucula austinclarki* MAC NEIL [1951, p. 12-14, fig. 1, 2] de l'Éocène de l'Alabama, mais celle-ci est plus petite : 27 mm de d. a. p., ses côtes sont beaucoup plus nombreuses et serrées, son galbe plus arrondi. Cette espèce semble appartenir au sous-genre *Lamellinucula* SCHENCK.

Ce dernier auteur signale d'autres espèces de *Nucula* plissées concentriquement : il en cite 6 dans l'Oligocène et le Miocène et 3 dans l'Éocène, mais ces formes sont toujours de petite taille (maxima = 20 mm) et leurs côtes sont fines et serrées. Elles n'ont rien de commun avec l'espèce étudiée.

2) *Nucula gigantea* ROEMER [1836, p. 100, pl. 6, fig. 5] qui est représentée seulement à l'état de moule interne et dont les dimensions sont équivalentes, mais dont le côté antérieur est beaucoup plus rétréci que sur notre espèce; le galbe est donc différent.

3) *Nucula ovata* D'ORBIGNY (coll. Lab. Paléont. Muséum) de l'Albien de l'Aube atteint parfois une grande taille, mais elle ne dépasse pas 35 mm de d. a. p. et sa coquille est lisse.

4) A. Chavan [Chavan et Cornet, 1953] a étudié dans le Callovien d'Algérie de nouvelles espèces de *Nuculana* (= *Leda*), dont l'une d'elles, *N. corneti*, est une coquille de grandes dimensions et avec une forte costulation concentrique, mais elle ne peut être rapprochée de la nôtre, puisqu'elle appartient à un genre et à une famille différente.

BIBLIOGRAPHIE

- CHAVAN A. et CORNET A. (1953). — Nouveaux Pélécypodes mésozoïques du Sud-Algérien. *Bull. Soc. Hist. nat. Afrique Nord*, t. 44, n° 12, p. 76.
- MAC NEIL F. S. (1951). — *N. austinclarki*, a new species of strong concentrically sculptured *Nucula* from the Lisbon formation of Alabama. *Journ. Washington Ac. Sc.*, vol. 41, n° 1.
- ROEMER (1836). — Versteinerungen norddeutsch. Oolith. Gebirges.
- SCHENCK H. G. (1934). — Classification of Nuculid Pelecypods. *Bull. Mus. roy. Hist. nat. Belgique*, t. X, n° 20, p. 1-78, 5 pl.
- (1939). — Revised nomenclature for some Nuculid Pelecypods. *Journ. Paleont.*, vol. 13, n° 1, p. 21-41, pl. 5 à 8.
- (1944). — *Lamellinucula*, a new genus of Nuculid Pelecypods. *Ibid.*, t. 18, n° 1, p. 97.
- (1951). — Bivalves of the genus *Acila*. *Pan amer. Geol.*, t. 65.
- VOKES H. E. (1949). — The hinge and marginal pectinations of *Nuculoidea optima* (HALL), type of *Nuculoidea* WILL et BREG. *J. Washingt. Ac. Sc.*, t. 39, n° 11, p. 361-3, 1 fig.

Les échantillons étudiés se trouvent dans les collections du Laboratoire de Paléontologie du Muséum d'Histoire naturelle de Paris.

LÉGENDE DE LA PLANCHE XXIII a

FIG. 1. — *Nucula renouardi* nov. sp. Holotype. Valve droite. G. N. Coll. Renouard. Portlandien du Liban.

FIG. 2. — Le même échantillon grossi 2 fois pour montrer l'empreinte de la charnière. Cliché LERICHE.

UN ÉLÉPHANT *ARCHIDISKODON* DES BRÈCHES DE LANGSON (VIETNAM)

PAR Étienne Patte ¹.

Sommaire. — Description d'une molaire d'Éléphant à lames très basses, *Archidiskodon cf. planifrons*; cette espèce groupe peut-être des éléments, à un même stade évolutif, de plusieurs phylums. Cette forme appartient à la faune à *Stegodon* de Langson, connue aussi de Tam Nang, du Se Tchouen et, peut-être, de Java.

La molaire décrite ci-dessous provient du gisement qui fut autrefois étudié par Mansuy.

D'après la concavité de la surface masticatrice et d'après l'incurvation de la ligne médiane, il s'agit d'une molaire inférieure droite. Cette dent est remarquable par la très faible hauteur de ses lames, ce qui ne permet de comparaison qu'avec l'*Elephas* (*Archidiskodon*) *planifrons* ou avec une forme au même stade évolutif.

Il reste encore 6 lames si l'on compte à part le talon postérieur, il devait y en avoir 8 outre les talons; la longueur restante de la dent est de 103.

Comptée au niveau des sommets des lames, la longueur de la surface abrasée est de 80, mais devait être de l'ordre de 120, longueur estimée en complétant par la pensée la partie brisée; la largeur est de 6,2. La fréquence laminaire est de 6,5-7.

Il est impossible de déterminer la place de la dent dans la série en se basant sur le nombre de lames; en effet, la formule dentaire de l'*E. planifrons* est, si l'on combine les données fournies par Lydekker, Falconer et Cautley, Depéret et Dietrich : $m_2 \frac{3}{3}$, $m_3 \frac{5-6}{6}$, $m_4 \frac{6-7}{6-9}$, $M_1 \frac{6-7}{7}$, $M_2 \frac{8-9}{7-11}$, $M_3 \frac{8-12}{9-13}$. Il pourrait ainsi s'agir d'une m_4 , d'une M_1 ou M_2 , même, à la rigueur, d'une M_3 . Mais les dimensions et la fréquence laminaire correspondent à celles d'une m_4 (la m_4 supérieure) des Siwaliks, figurée par Falconer et refigurée par Depéret [Depéret et Mayet, 1923, pl. III], qui a une fréquence laminaire de 7 et une table masticatrice de 60×103 . Les M_1 ont des fréquences laminaires de l'ordre de 4 à 5,5 et sont nettement plus grandes.

Mais il n'est pas interdit de penser qu'il s'agit d'une M appartenant à une forme diminutive de cette espèce; une telle forme a été signalée par Hooijer [1949 b] sous le nom de *Archidiskodon celebensis* dont la molaire type, une M_s 2 ou 3 [Hooijer, 1949 b, p. 219,

1. Note présentée à la séance du 8 novembre 1954.

pl. VIII, fig. 1] a une fréquence laminaire de 7,5, une longueur de 14,5 et une largeur de 4,7.

Si l'on considère la M de Langson comme une M_3 et la M de Célèbes comme une M_2 , on peut admettre qu'il s'agit de la même

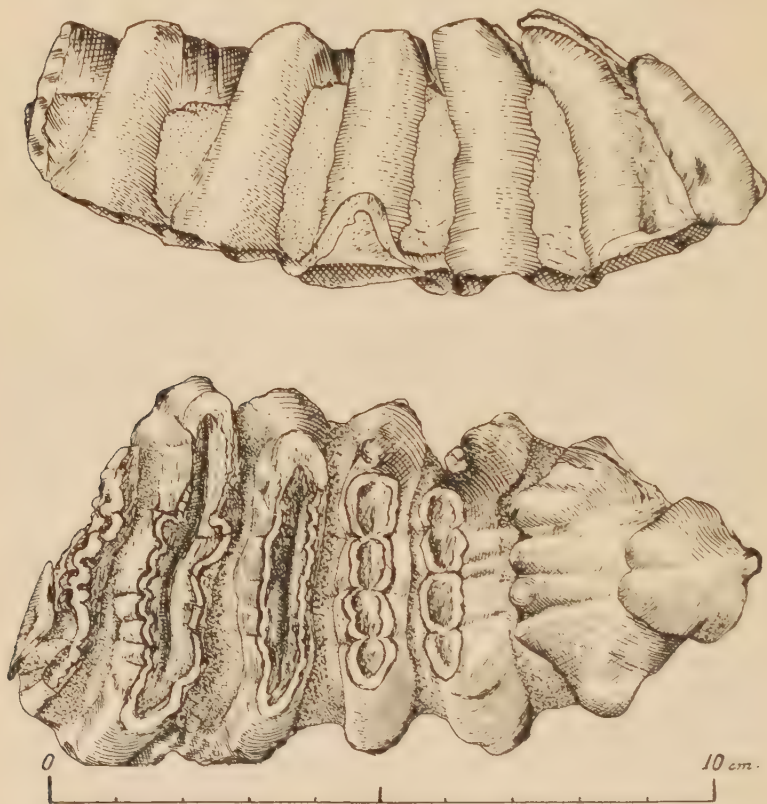


FIG. 1. — Molaire d'*Archidiskodon cf. planifrons* de Langson.

Le dessin ne peut rendre compte de l'épaisseur de l'émail, usé obliquement ; cette épaisseur est de l'ordre de 3,5 mm.

espèce. S'il s'agissait dans les 2 cas d'une M_2 , l'Éléphant de Langson serait une forme moins réduite que celui de Célèbes.

Mais, jusqu'à nouvel ordre, il paraît plus simple et plus légitime de considérer la dent de Langson comme une m_4 .

Les lames des dents de l'*Archidiskodon celebensis* sont plus dilatées en leur milieu et séparées par de moindres espaces de ciment. Ces différences ne feraient pas obstacle à un rapprochement ; il

suffit de parcourir la monographie de Depéret pour voir qu'à ces points de vue, il y a de grandes variations chez l'*E. planifrons* type. On remarquera, en particulier, que dans un même gisement, à Solilhac [Depéret et Mayet, 1923, p. 152], le sinus loxodonte est inconstant ; mieux, chez le même animal, le sinus peut exister à la M_2 et manquer à la M_3 (exemple au Gurp, [Depéret et Mayet, 1923, pl. IX]), ce qui peut s'expliquer partiellement par une différence d'usure dont l'effet se fait souvent sentir sur une même dent.

On doit cependant se demander si ces différences n'étaient pas plus fréquentes ou moins fréquentes chez certaines races comme cela semble avoir lieu en ce qui concerne les mutations. Le sinus loxodonte paraît plus net et fréquent chez *E. planifrons* ; d'après Depéret, il le serait plus chez les *E. meridionalis* archaïques que chez les évolués, mais Anthony et Friant [1941, p. 87] sont de l'avis contraire ; la datation par la fréquence laminaire, utilisée par Depéret, n'étant pas exempte de critiques, et le nombre de sujets figurés étant insuffisant, je ne conclurai pas.

Quoi qu'il en soit, la faible hauteur des molaires de *planifrons* est un caractère évolutif, intermédiaire entre ceux des *Stegodon* et des Éléphants récents ; il semble que cette espèce doive être envisagée comme une espèce-fagot rassemblant des êtres de phylums différents mais à des stades comparables. On se souviendra du *Stegoloxodon indonesicus* que Kretzoi [1950] considère comme un ancêtre des *Loxodon* et qui, par la hauteur de sa molaire, est au stade *planifrons*¹, ainsi que de l'*Elephas africanavus* ARAMBOURG, d'Aïn-Hanech, qui est au même stade ; on se souviendra aussi de l'*Archidiskodon celebensis* ; de plus, l'on ne connaît de prémolaires que chez le *planifrons* de l'Inde qui, par suite, a de grandes chances d'être une forme différente des *planifrons* d'Europe.

Elephas planifrons, qui représente, de toutes façons, un stade évolutif fort intéressant entre le *Stegodon* et l'*Elephas meridionalis*, est connu déjà d'Angleterre et de France à l'Afrique centrale, aux Indes et au Chansi ; sa présence au Tonkin est tout à fait normale. Mais la présence d'une forme diminutive, bien que non insulaire, ne serait pas impossible ; on sait que les formes naines ne sont pas localisées dans les îles et que l'on peut, en particulier, songer à la loi de Bergmann, c'est-à-dire à un effet de la chaleur du climat sur la taille.

Les mêmes brèches de Langson ont fourni *Rhinoceros cf. sinen-*

1. Si bien que F. H. van der Maarel [1932, p. 173] en avait fait un *Archidiskodon planifrons*.

sis OWEN, *Megatapirus augustus* M. et GR., *Stegodon orientalis* (= *S. insignis*), *Elephas* sp. aff. *E. namadicus* FALC. et CAUT. Cette faune rappelle celle du Se Tchouen à *Rhinoceros sinensis*, *Megatapirus augustus* et *Stegodon orientalis*, étudiée par Matthew et Granger [Patte, 1928] ¹, ainsi que celle des 2 niveaux de Tam Nang (chaîne annamitique), à *Rhinoceros sinensis* ², *Megatapirus augustus*, *Stegodon insignis*, *Elephas namadicus* et Homme [Arambourg 1939 ; Saurin 1950]. Un *Megatapirus* cf. *augustus* a été signalé à Java dans le « Pléistocène moyen » de Trinil à Patjitan [Hooijer, 1947, p. 262 ; Colbert et Hooijer, 1953, p. 83].

BIBLIOGRAPHIE

- ANTHONY R. et FRIANT M. (1941). — Introduction à la connaissance de la dentition des Proboscidiens. Rennes.
- ARAMBOURG et FROMAGET J. (1938). — Le gisement quaternaire de Tam Nang (Chaîne annamitique septentrionale). Stratigraphie et faunes. *C. R. Ac. Sc.*, t. 207, p. 793.
- COLBERT E. et HOOIJER D. A. (1953). — Pleistocene mammals from the limestones fissures of Szechwan, China. *Bull. amer. Mus. nat. Hist.*, vol. 102, art. 1.
- DEPÉRET C. et MAYET (1923). — Les Éléphants pliocènes. II. Monographie des Éléphants pliocènes d'Europe et de l'Afrique du Nord. *Ann. Univers. Lyon*.
- HOOIJER (1947). — On fossil and prehistoric remains of Tapirus from Java, Sumatra and China. *Zool. Meded. Leiden*, vol. XXVII, p. 253.
- (1949 a). — Mammalian evolution in the quaternary of Southern and eastern Asia. *Evolution*, t. III, n° 2, p. 125.
- (1949 b). — Pleistocene Vertebrates from Celebes. IV. *Archidiskodon celebensis* nov. sp. *Zool. Meded., Mus. roy. Hist. nat. Leyde*, vol. XXX, n° 10.
- KRETZOI (1950). — *Stegoloxodon* (sic) nov. gen. a loxodonta elefantok esetleges aziai őse. *Földt. Közl. Magyar*, vol. 80, n° 10-12, p. 405.
- MAAREL N. van der (1932). — Contribution to the knowledge of the fossil mammalian fauna of Java. *Dienst Mijnb. Nederl. Ind. Wetensch. Meded.*, n° 15.
- PATTE (1928). — Comparaison des faunes de Mammifères de Langson (Tonkin) et du Se Tchouen. *B. S. G. F.*, (4), XXVIII, p. 55.
- (1931). — A propos d'un *Elephas namadicus* signalé en Annam... *Ibid.*, (5), I, p. 743.
- SAURIN (1950). — *Tapirus indicus intermedius* HOOIJER dans le Quaternaire indochinois. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 257.

1. C'est à tort que j'ai signalé *Tapirus sinensis* (= *T. indicus*) dans la faune de Se Tchouen [Hooijer, 1947, p. 261 ; 1953, p. 83].

2. Colbert [Colbert et Hooijer, 1953, p. 102] pense que *Rh. sinensis* a donné naissance à la fois à *R. sivalensis* et à *unicornis*. Lydekker avait identifié *R. sinensis* et *R. sivalensis* [*Ibid.*, p. 91].

SUR LA PRÉSENCE D'UNE SÉRIE RENVERSÉE DEVANT LE FRONT DE LA NAPPE DE CAUSSOLS

PAR **Henri Parent** ¹.

Sommaire. — L'objet de cette note est de faire connaître l'existence d'un ensemble Crétacé-Tertiaire renversé, non encore signalé, au confluent du Var et de l'Estéron, devant le front de chevauchement des chaînes subalpines.

Dans la région située au N du village du Broc, sur la rive droite du Var, au SW et très près du confluent de l'Estéron, la carte géologique de France au 80 000^e (feuille de Nice, 2^e éd., 1939) indique uniquement des affleurements nummulitiques (e²⁻³) et miocènes (m²), avec une lame de Jurassique supérieur intercalée. En fait, il existe une importante série de Crétacé moyen (Cénomanién-Turonien), non encore reconnue, dont il me paraît intéressant de préciser la position et la composition.

Au N de ce gisement crétacé, la partie frontale de la nappe de Caussols, orientée SW-NE, est composée (comme vers l'W à la Montagne de Courmettes et au Puy de Tourrettes, sur la rive gauche du Loup), d'une succession régulière allant du Trias supérieur-Infralias au Jurassique supérieur ; elle vient reposer, soit sur la mollasse burdigalienne comme à la Montagne de Courmettes ², soit sur les calcaires lutétiens-auversiens et les marnes priaboniennes, comme au N du Broc ; mais ici, entre les couches de la nappe et le socle des « plans » provençaux, s'intercalent plusieurs assises du Crétacé moyen, à pendage NW, *renversées* vers le SE, ainsi que la masse des couches tertiaires associées.

Un peu au-delà du gisement crétacé, en prolongeant la coupe vers le SE, une faille subverticale sépare les terrains crétacés d'une *série renversée*, inclinée vers l'E, et comprenant, de haut en bas :

des bancs épais de calcaires nummulitiques du Lutétien-Auversien, un calcaire lacustre ou meulière, un conglomérat siliceux, des marnes à Operculines (3 niveaux priaboniens), et finalement la mollasse burdigalienne.

La composition des terrains crétacés est la suivante, d'après une coupe orientée NW-SE.

1. Note présentée à la séance du 22 novembre 1954.

2. GOGUEL J. (1936) : Description tectonique de la bordure des Alpes, de la Bléone au Var. *Mém. Expl. Carte géol. France.*

Au pied de la lame de Jurassique supérieur (calcaires blancs) mentionnée plus haut, une cuvette cultivée correspond à des marnes feuilletées cénomaniennes, contenant des petites Exogyres : *Exogyra conica* Sow., *Exogyra flabellata* GOLDF., formes jeunes.

Un peu plus loin, au début d'un escarpement formé par le Ligérien, on trouve, dans ces marnes devenues plus calcaires : *Schloenbachia varians* Sow., et des débris de Turritelles.

Le Ligérien succède presque partout directement à ces marnes, sauf en haut de la crête ligérienne qui s'élève rapidement en direction de la route de Carros au pont Charles-Albert. En cet endroit, à la partie supérieure du Cénomanien, s'intercalent des bancs compacts de lumachelles, pétris d'*Exogyra flabellata* GOLDF., *Exogyra conica* Sow., *Exogyra columba minor* LMK, de petite taille, identiques aux Exogyres du Cénomanien de Saint-Jean-Cap Ferrat ¹.

La composition du Ligérien est la suivante : à la base de l'escarpement signalé, un peu au-dessus du lit du Var, des bancs épais de calcaires compacts à grain fin, blanchâtres, contiennent d'abondantes *Exogyra columba gigas* LMK. En suivant la crête, ces bancs sont laminés ; on les retrouve plus haut vers la route de Carros au Var, puis ils disparaissent.

Au-dessus, cet escarpement, aligné NE-SW, est formé d'une importante masse (une dizaine de mètres d'épaisseur) de calcaires marneux, noduleux, de teinte jaune claire, alternant avec des lits de marnes, contenant des grands *Mammites nodosoides* SCHLOT., *Periaster verneuilli* DESOR ; cette masse est déversée vers le SE sous un angle d'environ 45°.

Mammites nodosoides n'avait pas encore été trouvé dans les Alpes-Maritimes. On rencontre ici la forme adulte de grande taille (25 cm sur 22 cm), avec des tubercules moins gros et moins saillants que ceux du type, et des côtes absentes entre les tubercules ombilicaux et latéraux. En Provence occidentale, *Mammites nodosoides* est de forme beaucoup plus petite : 15 cm de diamètre à l'état adulte, au maximum, d'après les échantillons décrits par Suzanne Fabre ², en provenance du Pas d'Ouillier et du vallon des Jeannots.

La seule Ammonite signalée jusqu'ici dans le Turonien des Alpes-Maritimes était *Mammites cf. rochebrunei* COQ. = *Mammites revelierianus* COURT., citée à Ascros par Léon Bertrand ³.

La faille indiquée plus haut fait disparaître le Turonien en direction de la route et ce sont les lumachelles cénomaniennes qui

1. PARENT H. (1943) : Faciès et divisions du Cénomanien des Alpes-Maritimes. *B. S. G. F.*, (5), XIII, p. 231-240.

2. FABRE S. (1940) : Le Crétacé supérieur de la Basse Provence occidentale, t. I, p. 153.

3. BERTRAND L. (1897-1898) : Étude géologique du Nord des Alpes-Maritimes. *Bull. Serv. Carte géol. France*, t. IX, p. 95.

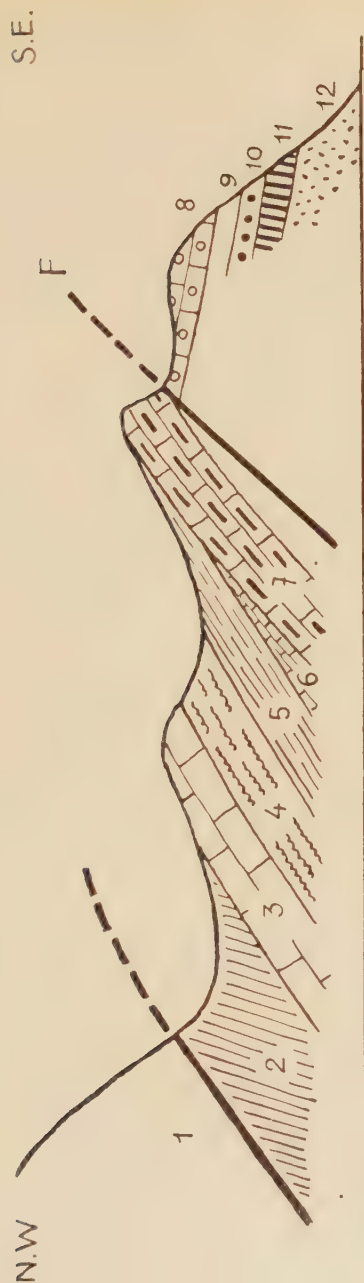


FIG. 1. — Coupe des terrains crétacés, Éch. 1/20 000° env.

1 : nappe de Caussole ; 2 : Trias ; 3 : Jurassique sup. ; 4 : Cénomane inf. ; 5 : Cénomane sup. ; 6 : Ligérien inf. ; 7 : Ligérien sup. ; 8 : Lutétien-Auvérien ; 9 : meulière ; 10 : conglomérat et grès ; 11 : marnes priabonnières ; 12 : molasse burdigalienne.

viennent au contact des couches de l'Éocène, de part et d'autre de la faille.

La série Éocène-Miocène est composée comme suit :

D'abord, au delà de la cassure mentionnée, en bordure de la route de Carros au Var, on trouve des bancs puissants de calcaires gréseux du Lutétien-Auver sien, à nombreuses *Nummulites perforatus* Sow., *Nummulites lucasani* DEFR. Puis, en suivant le chemin qui descend vers le SE au Var, on trouve successivement sous ces calcaires à *Nummulites* : un banc de meulière ou un calcaire blanc à grain fin d'origine lacustre, à *Limnées* et *Bythinies*, d'âge bartonien, reposant sur un ensemble de sables grossiers avec lits de galets de silex à patine noire, semblables à ceux de l'Éocène de Vence; puis, sous ce conglomérat siliceux, des marnes feuilletées bleuâtres à *Operculines*. Ces trois niveaux représentent le Priabonien.

Enfin, plus bas, la falaise qui domine le Var est constituée par la mollasse burdigalienne. Le tout forme une série renversée, inclinée vers le SE.

En direction de Carros, l'affleurement du Crétacé moyen ne dépasse pas la route, mais de ce côté, vers le S, on continue de rencontrer les bancs éocènes et miocènes, d'abord redressés verticalement, puis avec un pendage d'environ 80°, enfin présentant un renversement de plus en plus marqué.

La coupe suivante a été relevée par notre collègue René Rolley sur la route conduisant au village du Broc.

A l'W, c'est-à-dire vers le Broc, on trouve d'abord sur la mollasse miocène une grande épaisseur de marnes grises plus ou moins feuilletées contenant de nombreuses *Operculines* et autres *Foraminifères*, d'âge priabonien. Vers le N, ces marnes sont surmontées par un calcaire gréseux, avec lits plus tendres à *Nummulites striatus* abondantes, *Serpula spirulæa*, également priabonien, puis par des grès à galets siliceux, à patine noire ou blanche. Un conglomérat à gros éléments de quartz et de silex complète cette partie arénacée. Le Priabonien est terminé par quelques mètres d'une meulière à *Limnaea longiscata* BRONGN.

Au-dessus, les assises tertiaires sont de plus en plus renversées vers le SE (environ 45°), présentant de belles surfaces de friction; elles sont alors constituées par une dizaine de mètres d'épaisseur de calcaires gréseux à *Nummulites perforatus* du Lutétien-Auver sien.

Il y a également ici un renversement certain du Lutétien-Auver sien sur le Priabonien et le Burdigalien. Cette coupe nous fait comprendre nettement le mouvement de progression du renversement, devenant de plus en plus marqué en direction sud.

Si on étudie, dans l'ensemble du parcours de la nappe frontale alpine, les effets produits par son passage sur la région recouverte, on constate qu'elle a rarement causé dans sa progression un refoulement des couches du substratum. La série chevauchante de Caussols présente, partout où on peut l'observer, une surface de

charriage étalée sur l'ensemble à peine ondulé ¹ des terrains constituant les plateaux jurassiques « provençaux » ; le refoulement des chaînes subalpines s'est effectué, tout au plus en le rabotant où en le broyant par endroits, comme au N de Vence.

Il n'y a trace d'un repli, suivi d'un renversement des terrains recouverts par le chevauchement, qu'en un point : au confluent de l'Estéron et du Var, au N de la commune du Broc, dans la région que nous venons de décrire.

Les causes du refoulement des terrains du substratum devant le front de chevauchement des chaînes subalpines à l'embouchure de l'Estéron, doivent être recherchées :

1^o Dans la convergence vers l'E du chevauchement de Caussole avec l'anticlinal du Cheiron d'une part, et, d'autre part surtout dans le chevauchement du Vial poussé vers l'W, laminant les deux premiers, couchés en direction sud (anticlinal du Cheiron rompu à Gilette ¹, nappe de Caussole tordue vers l'E). Par suite de cette convergence, une forte pression a dû s'effectuer à quelques kilomètres au N de l'affleurement étudié et explique le déversement des couches crétacées du socle provençal, suivi du renversement des couches nummulitiques et miocènes.

2^o Dans la courbure du front de la nappe de Caussole (S-N de Saint-Jeannet au Broc, W-E du Broc au confluent de l'Estéron et du Var), qui a dû exercer également une pression sur les terrains recouverts, pris dans ce repli comme dans un étau, à une très faible distance du Var où le chevauchement du Vial et la nappe de Caussole se réunissent.

La présence de la série renversée du Broc vers le S apporte une nouvelle preuve de la direction alpine des mouvements de la région.

1. GOGUEL J. (1936) : *Op. cit.*

DEUX REGARDS NOUVEAUX SUR LE SUBSTRATUM ANTÉTRIASIQUE A L'W DES VOSGES : LES FORAGES DE RAVENEL ET DE DAMBLAIN

PAR **Louis Guillaume** † ET **Georges Minoux** ¹.

Sommaire. — En Lorraine méridionale, deux forages récents ont permis d'étudier la couverture permo-triasique et ses variations en fonction d'une anomalie du socle granitique. Ils ont fourni d'utiles précisions pour les problèmes hydrogéologiques de cette région.

Le Département des Vosges (Génie rural) et le Service des Ponts-et-Chaussées (Bases aériennes) ont fait exécuter deux forages profonds de recherche d'eau sur le flanc nord-ouest de l'axe morvano-vosgien (N et W des Monts Faucilles) : l'un est situé à 2 km SW de Mirecourt (Hôpital de Ravenel, $x : 879,86$; $y : 72,57$, zone N I), l'autre à la limite Vosges-Haute-Marne, 9 km NW de Lamarche ($x : 848,20$ $y : 47,55$) (voir texte-pl. I et carte géologique Mirecourt au 80 000^e).

Conseillés par L. Guillaume, ces ouvrages ont été forés au trépan, avec divers carottages de contrôle, par la Société nouvelle de sondages Bonne Espérance. Le Bureau de Recherches géologiques et géophysiques (B. R. G. G.) a pris en charge l'approfondissement de Ravenel en carottage continu, au-dessous du Trias, pour la recherche du Houiller et l'étude du substratum.

Résultats stratigraphiques ².

Le forage de Ravenel (1949-51, profondeur totale 600,40 m, cote de l'orifice + 299) a montré pour l'ensemble du Trias une bonne concordance avec les résultats des recherches régionales antérieures, notamment celle de Dompierre ³. Les échantillons et les indications du sondeur ont permis d'établir la coupe géologique suivante :

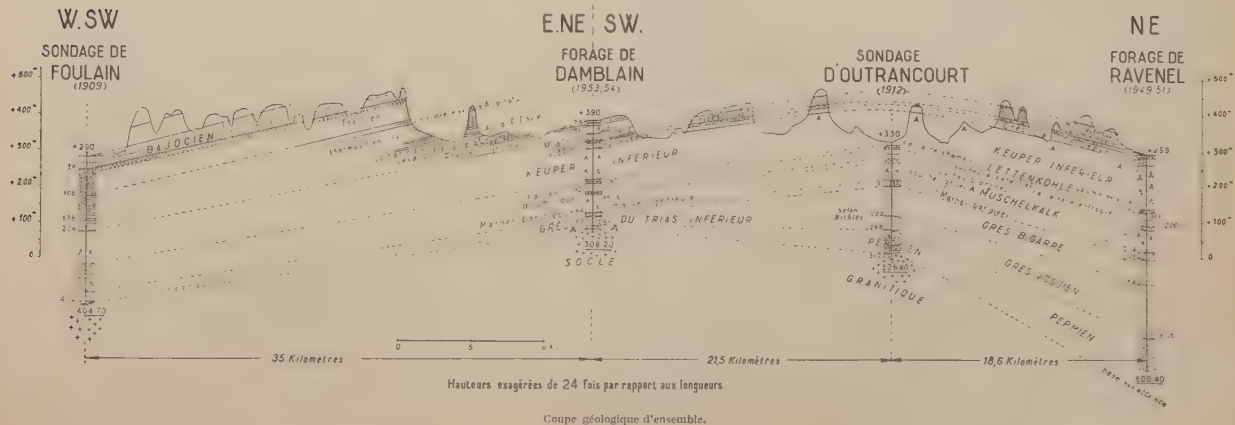
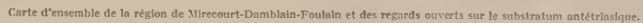
1. Note présentée à la séance du 8 novembre 1954.

2. Le détail des observations effectuées lors de la surveillance géotechnique des travaux a été consigné dans les rapports B. R. G. G. A 536, A 537 et A 670 auxquels on voudra bien se reporter.

3. GUILLAUME L. (1939). *Bull. Soc. Sc. Nancy*, n° 2.

0,0-0,5 m	Terre végétale. Argile rouge	(0,5 m)
0,5-26 m env.	KEUPER MOYEN	(25 m +)
	Le point de départ du forage correspond à peu près à la base des Marnes irisées supérieures (Marnes rouges) sur la Dolomie-moëllon.	
0,5-7,2	Dolomie-moëllon (= Dolomie en dalles)	
7,2-9	Marnes bariolées	
9-26	Grès à Roseaux	
26-140 m env.	KEUPER INFÉRIEUR	(114 m env.)
26-(36)	Marnes à <i>Estheria</i>	
(36)-140	Marnes irisées inférieures avec gypse et résidus salés	
140-152 m env.	LETTENKOHLE	(12 m env.)
152-211 m env.	MUSCHELKALK SUPÉRIEUR	(59 m env.)
152-162	Calcaire chamois (repère)	
162-(202)	Couches à Cératites limite réelle imprécise	
(202)-211	Calcaires à entroques (repère)	
211-293 m	MUSCHELKALK MOYEN	(82 m env.)
211-218	Couches blanches (repère)	
218-256	Couches grises (masse supérieure)	} avec dolomie, gypse et anhydrite
256-(266)	Marnes bariolées (repère Guillaume)	
266-274,6	Couches grises (masse inférieure)	
274,6-293	Marnes bariolées	
293-307 m env.	MUSCHELKALK INFÉRIEUR	(14 m env.)
	Grès coquillier ?	
307-363,4 m	GRÈS BIGARRÉ	(56 m env.)
307-349,9	Grès à <i>Voltzia</i> ? limite imprécise	
349,9-363,4	Couches intermédiaires ?	
	Passage d'argile bariolée entre 349,9 et 357.	
363,4-506,9 m	GRÈS VOSGIEN	(143 m env.)
	Grès plus ou moins grossiers, argiles rouges et conglomérats.	
	Cailloutis non cimentés entre 450 et 452.	
506,9-600,4 m +	PERMIEN	(93,5 m +)
	En tête, argilolithe brun-rouge de 506,90 à 508,10, puis alternances de grès, conglomérats et argiles brun-rouge ou gris-verdâtre, avec concrétions dolomitiques et fragments de mélaphyres fréquents à partir de 560, soit à 267 m sous la tête du Grès coquillier ¹ .	
	HOUILLER ou GRANITE non atteints.	

1. Il est intéressant de rappeler que le sondage de reconnaissance houillère de Jevoncourt (1909-1912), 15 km NNE de Ravenel, orifice à + 244,8 dans le Grès à Roseaux, prof. finale : 1265 11, a touché le gîte salifère du Keuper inférieur à 64 m, la tête du Muschelkalk inférieur à 262 m et les « tufs éruptifs violacés, durs » à partir de 596 m dans le Permien.



Malgré la grande densité des prélèvements, les approximations de cette coupe restent dues aux grands découverts réalisés par battage au trépan et à l'injection. D'importantes retombées de Marnes irisées inférieures et de gypses associés, ont notamment masqué les horizons supérieurs du Muschelkalk. Le « Calcaire chamois » n'a pu être identifié, après sa traversée, que grâce aux indices d'absorption signalés par le sondeur. Le battage à sec n'a été pratiqué qu'après débouché dans les horizons aquifères, soit à partir de la profondeur 340,50 m.

Le carottage continu a été effectué, avec un très bon rendement, de 458,45 à 600,40 m, profondeur finale.

Le forage de la Base aérienne de Damblain a été implanté sur le territoire de la commune de Colombey-les-Choiseul (Haute-Marne) à 40 km SW de Ravenel, en bordure nord-est du Bassigny (1953-54, cote de l'orifice + 390, profondeur totale 306,20 m).

Débuté dans les niveaux de base de l'Infralias, cet ouvrage a permis d'observer une série stratigraphique dont la coupe semi-détaillée peut s'établir comme suit :

0,0 - 1 m	Terre végétale. Limons superficiels.	
1 - 31 m env.	LIAS INFÉRIEUR	(30 m +)
1 - 7,5 +	Calcaires à Gryphées	
7,5 - (9,2) +	Marnes rouges de Levallois (repère)	
(9,2) - 31 env.	Rhétien inférieur	
	Grès et argiles schisteuses noires.	
31 - 50 m env.	KEUPER SUPÉRIEUR	(19 m env.)
	Marnes irisées supérieures.	
50 - 71 m	KEUPER MOYEN	(21 m env.)
50 - (56)	Dolomie en dalles en bancs très réduits	
(56) - 71	Grès à Roseaux (repère)	
71 - 152 m	KEUPER INFÉRIEUR	(81 m env.)
71 - 73	Marnes à <i>Estheria</i> ?	
73 - 152	Marnes irisées inférieures	
	Masses de gypse saccharoïde entre 81 et 91 m.	
152 - 157 m	LETTENKOHLE ?	(5 m ?)
	Alternance de marnes grises et dolomie.	
157 - 192,7 m	MUSCHELKALK SUPÉRIEUR	(35 m env.)
	Dolomies grises, avec passées oolithiques (repère au toit) en bancs compacts, séparés par très minces lits schisteux gris sombre,	

	avec couchettes et noyaux de gypse et d'anhydrite <i>Lingula tenuissima</i> BRONN. ¹ et <i>Myophoria cf. intermedia</i> V. SCHAUROTH à 165 m. Absence totale d'entrouques dans toute la masse.	
192,7-(256) m	MUSCHELKALK MOYEN	(63 m env.)
192,7 - 195,15	Dolomies gris clair blanchâtre, passages sublithographiques, quelques filets schisteux (repère)	
195,15-210	Dolomies gris clair à gris fumé, avec masses et nodules d'anhydrite et couchettes de gypse fibreux subhorizontales.	
210 - 220	Marnes gris sombre avec passages dolomitiques	
	(= Couches grises, faciès normal)	
220 - 237	Marnes grises et brun-rouge (repère)	
	(= Marnes bariolées, 1 ^e passe)	
237 - 244	Masses d'anhydrite dans marnes grises et rouges.	
244 - (256)	Marnes brun-rouge (repère)	
	(= Marnes bariolées, 2 ^e passe)	
	(Limite inférieure imprécise)	
(256) - (267) m env.	MUSCHELKALK INFÉRIEUR	(11 m env.)
	Marnes grises ou violacées avec passées gréseuses gris verdâtre.	
(267) - 289 m env.	TRIAS INFÉRIEUR	(22 m env.)
	Grès rose à gris blanchâtre et marnes grises et rouges micacées.	
	Absence de conglomérats.	
289,0 - 291 m env.	PERMIEN ?	(2 m env.)
	Arkoses et schistes psammitiques, micacés, avec <i>rognons de gypse</i> .	
291,0 - 306,2 m	SOCLE GRANITIQUE	(sur 15 m. env.)
	Granite brun-rouge, type Bleurville, mica noir, diaclases tapisées de chlorite et passée de pegmatite.	

Le forage au trépan à l'injection a été utilisé, comme à Ravenel, jusqu'aux grès du Trias inférieur, horizon aquifère recherché, dont la traversée fût terminée à sec.

Les carottages de reconnaissance, nécessités par les divergences de la coupe réelle avec la coupe attendue, ont été exécutés avec un excellent rendement entre les profondeurs suivantes : 61,90 à 64,10 m ; 163,30 à 167,30 m ; 191,00 à 206,40 m ; 300,20 à 306,20 m.

1. Détermination de M. J. RICOUR.

Cet ouvrage présente, au point de vue stratigraphique, l'intérêt de montrer l'extension du faciès dolomitique sur toute la série s'étendant de la Lettenkohle à la moitié supérieure des Couches grises, en même temps qu'une large diffusion du sulfate de chaux, en couchettes et amas noduleux de gypse et d'anhydrite, dans tout le massif dolomitique dont il cimente le réseau de fissures.

Le passage de dolomie gris-clair situé entre — 192,70 et — 195,15 m représente en toute probabilité la trace, au sein du massif dolomitique, des Couches blanches du bassin de Vittel-Contréxeville. C'est au-dessous de ce repère qu'ont été rencontrées les masses d'anhydrite les plus importantes.

Résultats hydrogéologiques.

Forage de Ravenel. La surveillance chimique des eaux d'injection a permis de déceler la présence du sel dans le Keuper inférieur, entre 45 et 100 m environ sous la Dolomie-moellon ; les teneurs suivantes ont été enregistrées :

<i>Profondeur du forage</i>	<i>Chlore en mg/litre</i>
22,50 m	57
64	1718
85	2625

Le Muschelkalk supérieur n'a montré aucune capacité aquifère utile (essai de contrôle à la profondeur de 239,35).

Les venues d'eau se sont normalement manifestées dans les grès et conglomérats du Trias inférieur (notamment dans le passage de cailloutis de — 450) puis dans le Permien. Fermeture des eaux supérieures réalisée par cimentation complète jusqu'au jour à la profondeur de — 345. Niveau statique final à la cote + 287, soit à — 12 m environ de la surface. La température des eaux s'est élevée de 23° à 25° C au cours des essais de débit effectués à diverses profondeurs.

La caractéristique du forage terminé, avant et après mise en place de son dispositif filtrant, est indiquée sur la fig. 1 B.

Forage de Damblain. Des résidus salés minimes ont été décelés dans le Keuper inférieur : les eaux d'injection ont donné un maximum de 350 mg de chlore par litre. Le ciment gypseux imprégnant le massif dolomitique du Muschelkalk élimine toute propriété aquifère à ce niveau (essai de contrôle réalisé à la profondeur de 238,90).

Nappe aquifère dans les grès du Trias inférieur et le matelas de schistes micacés gypseux, au toit de granite. Captage rendu étanche par cimentation jusqu'à la profondeur de 259,80. Niveau

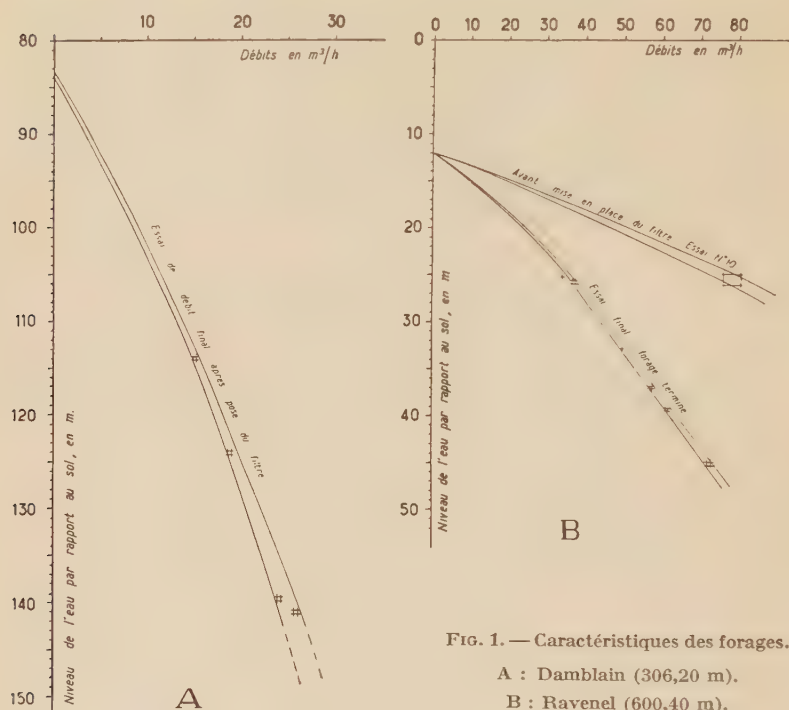


FIG. 1. — Caractéristiques des forages.

A : Damblain (306,20 m).

B : Ravenel (600,40 m).

statique à la cote + 305, soit à la profondeur — 85 m. Température des eaux : 23°3 C.

Conditions de débit de l'ouvrage équipé représentées sur la fig. 1 A.

Composition chimique des eaux

	Ravenel	Damblain
	Essai n° 10	Essai final
Résistivité en ω cm 18°	3560	460
Dureté totale.	11°1	16°0
Résidu sec 105-110° C.	210 mg/l	2440 mg/l
Sulfates en $\text{SO}_4^{=}$	23 —	1438 —
Chlorures en Cl^-	25 —	28 —
Calcium en Ca^{++}	22,5 —	590 —
Magnésium en Mg^{++}	8,5 —	33 —
Sodium en Na^+	41 —	53 —
Teneur en fer	positive	néant

La sélection chimique des eaux, par captage rationnel, s'est révélée pleinement efficace à Ravenel. Elle a été rendue, par contre, inopérante pour le second forage en raison de la présence du gypse au voisinage du socle. Il n'est pas impossible qu'une exploitation prolongée puisse amener toutefois une amélioration progressive de la qualité de ces eaux.

Conclusions géologiques d'ordre régional.

Les forages de Damblain et de Ravenel jalonnent, avec le sondage d'Outrancourt (1912)¹, une coupe SW-NE à peu près rectiligne et parallèle aux affleurements de la couverture sédimentaire triasique et liasique.

Le prolongement de cette coupe en Haute-Marne, vers l'WSW, permet de se raccorder au sondage de Foulain (1909)¹, distant de Damblain d'environ 35 km.

Le report des différents repères et limites entre formations (texte-pl. I) y fait apparaître une anomalie régionale importante du socle ancien : le granite, dont la cote à Ravenel est inférieure à — 300, se trouve relevé à Outrancourt à + 27, puis à Damblain vers + 99. On sait que le contact du Trias (et d'un Permien très réduit) sur les gneiss a été observé à Foulain vers la cote — 114.

On observe que le Muschelkalk supérieur et moyen, dessinant de part et d'autre d'Outrancourt un bombement à grand rayon de courbure, ne présente vers le SW qu'une faible réduction de puissance globale. Jusqu'à Damblain, il plonge assez régulièrement vers l'W. Les regards dont on dispose pour l'instant montrent que la surface du socle est faiblement inclinée vers le NE suivant le même tracé. Il résulte de cette opposition un amincissement important des niveaux infra-triasiques et permien entraînant diminution proportionnelle de leurs propriétés aquifères. La disposition très régulière de la couverture dans la région de Damblain ne pouvait donc laisser prévoir l'existence de ce dôme profond.

On peut, dès lors, penser à rechercher les indices d'une telle anomalie sous-jacente dans la répartition des faciès calcaire et dolomitique et du sulfate de chaux dans la série triasique. Ce travail a déjà été amorcé². De nouvelles investigations actuellement en cours de réalisation ou en projet (forages de Vittel et

1. LAUNAY L. DE (1919). *Bull. Serv. Carte géol. France*, t. XXIII, n° 138. — CORROY G. (1934). *Ann. Fac. Sc. Marseille*. Le granite a été, en fait, recoupé à Outrancourt à la profondeur 302,85, lors du carottage effectué en déviation.

2. THÉOBALD N. (1952). *Publ. Univ. Sarre*.

de Lamarche), suivies en liaison avec le chimiste, doivent apporter des jalons complémentaires dans cette étude hydrogéologique régionale dont le détail fera l'objet d'une publication ultérieure.

OBSERVATIONS COMPLÉMENTAIRES

PAR **Georges Minoux.**

Postérieurement à la remise du présent travail, la surveillance géologique de deux nouveaux ouvrages de Lamarche et de Vittel,

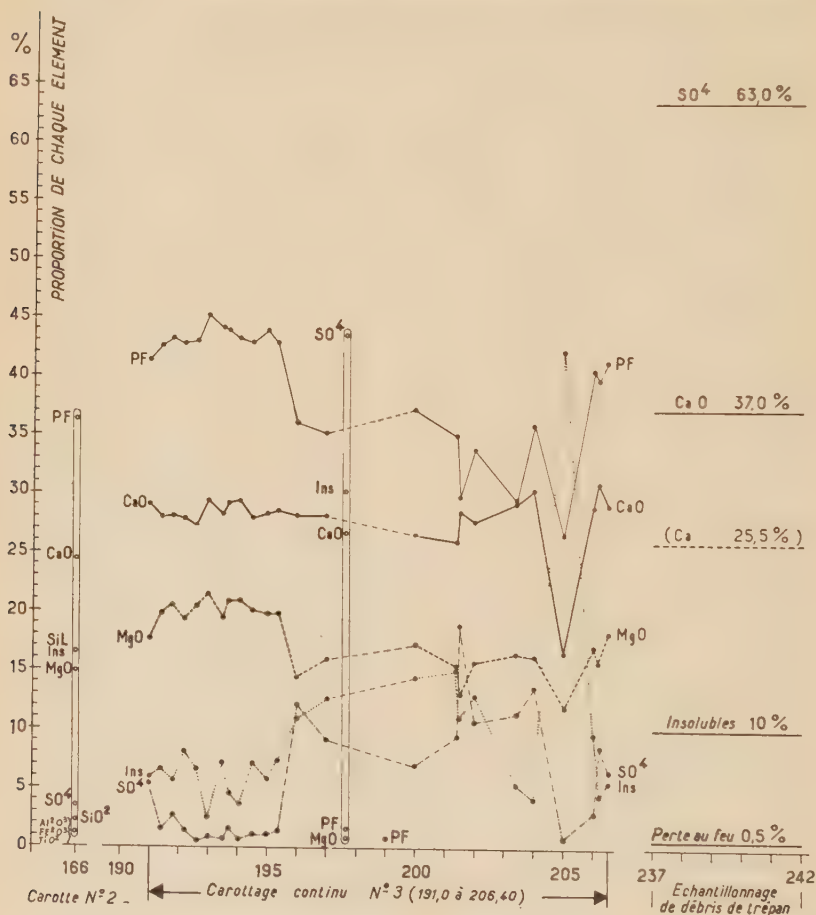


FIG. 2. — Détermination des constituants principaux de roches du forage de Damblain (Base aérienne). (Analyses Lab. chimie du B. R. G. G. M.). La zone verticale portée à 197,65 correspond à un échantillon prélevé dans la masse d'anhydrite la plus importante.

à laquelle M. le Directeur du B. R. G. G. M. a bien voulu me déléguer, m'a conduit à revoir certains niveaux du forage-pilote de Damblain.

Les précisions complémentaires suivantes ont pu notamment être acquises :

a) des analyses chimiques systématiques (fig. 2) confirment la nature dolomitique et localement sulfatée-calcaïque du massif compris entre les profondeurs 157 et 210 m. La réaction faible ou nulle de l'acide, à froid, sur les échantillons *lavés*, permettait d'attendre ce résultat.

Le diagramme analytique fait nettement apparaître la modification chimique des sédiments qui intervient entre — 195 et 196 m (échant. de carottes choisis sans inclusions d'anhydrite).

L'étude chimique des débris de trépan recueillis entre — 237 et — 242 m avait établi l'existence de masses d'anhydrite à ce niveau pendant l'approfondissement.

b) La présence d'éléments de calcédoine ou quartz-jaspé, de teinte rouge-orange à saumon, parfois avec inclusions de points blanchâtres, dans les arkoses de base de Damblain (— 285 à — 289 m) doit être rapprochée de la découverte récente de constituants analogues au nouveau forage de Vittel (— 149 à — 155 m) ; ceux-ci se trouvent inclus dans les assises inférieures du Grès bigarré (conglomérats des couches intermédiaires). M. J. Ricour, Ingénieur-géologue en chef au B. R. G. G. M., m'a signalé, à la suite de cette constatation, qu'un tel repérage avait été jadis décrit dans des secteurs localisés de la Moselle ¹.

1. VAN WERVEKE L. (1907). Erläut. Bl. Saarbrücken 1/200 000° : Karneol in den tiefsten Zwischenschichten).

ÉTUDE DE TERRAINS RATTACHÉS AU VALANGINIEN DANS LE DÉPARTEMENT DE L'AUBE

PAR **Françoise Debrenne** ¹.

Sommaire. — L'étude faunistique de la « Pierre de Fouchères », formation rencontrée sporadiquement sous l'Hauterivien de faciès normal (calcaire à Spatangues) et l'étude sédimentologique des sables sous-jacents conduisent à la conclusion que la région de l'Aube était émergée du Portlandien inférieur au Valanginien supérieur et que la transgression des mers crétacées n'a atteint la région qu'au début de l'Hauterivien.

Historique.

Le problème du Néocomien de l'Aube a été abordé pour la première fois par Leymerie [1842, 1846] ; cet auteur attribue au Calcaire à Spatangues (considéré actuellement comme hauterivien) les premières couches surmontant le Jurassique et comprenant des sables inférieurs et des calcaires. Une assise inférieure ou « Néocomien blanc » a été reconnue par Peron [1889] : il ne la trouve jamais en même temps que les sables ; elle correspond pour lui aux faciès coralligènes de Fouchères et de Courtenot.

J. Lambert [1916] réexaminant en détail le problème de « l'existence de l'étage valengien dans l'Aube et l'Yonne » arrive aux conclusions suivantes :

dans l'Yonne : faciès marin normal = Calcaire de Bernouil, faciès réciforme à Méandrines, faciès des marnes à Bryozoaires, tous trois synchroniques ;

en Haute-Marne : sables blancs au sommet, sables ferrugineux, fer géodique, marnes noires ;

dans l'Aube. A l'W : Calcaire de Bernouil à faciès réciforme à Fouchères et Courtenot. A l'E : sables blancs de Soulaines et Vendeuvre, qui seraient antérieurs au fer géodique et au calcaire de Fouchères et devraient être rapprochés de ceux de Wassy (Haute-Marne).

Cette opinion a été adoptée par M. Corroy [1922] et M^{lle} Gillet [1924] qui précise qu'il faudrait établir avec exactitude la présence et l'âge de ces sables (ils n'avaient pas été reconnus depuis Leymerie).

Ainsi il est bien démontré qu'il existe dans l'Aube des calcaires et des sables situés entre un Portlandien et un Hauterivien bien datés, mais il se posait à leur sujet les questions suivantes : 1) ces deux formations sont-elles d'âge valanginien ? 2) les sables et les calcaires sont-ils superposés ou équivalents latéraux ? 3) quels sont leurs rapports avec les séries de la Haute-Marne ?

1. Note présentée à la séance du 22 novembre 1954.

Étude stratigraphique.

En suivant les affleurements portlandiens et hauteriviens et leurs intermédiaires, du SW (Lantages) au NE (Magny-Fouchard), quatre principaux types de coupes peuvent être relevés :

1° A Bar-sur-Seine et autour de Fralignes, les dernières couches du Jurassique supérieur sont surmontées par un Hauterivien de faciès normal, qui présente parfois à la base un complexe à bancs d'oolithes ferrugineuses (fig. 1 A).

2° A Fouchères, Thieffrain, Vendeuvre, Courtenot, Lantages, Jully-sur-Sarce, Beurey, la Pierre de Fouchères s'intercale entre le Jurassique et l'Hauterivien. A la base, des galets jurassiques roulés et percés par les Lithophages sont les témoins de la première transgression crétacée (fig. 1 B).

3° A Courtenot, Nuisement, Montmartin, des sables surmontent directement le Jurassique, précédant la Pierre de Fouchères.

Je me suis particulièrement attachée à l'étude de deux sablonnières de la partie nord de la route Nuisement-Montmartin. Séparées de 28 m, la carrière nord-ouest étant plus élevée que la carrière sud-est, elles montrent un front d'attaque visible sur 4 à 5 m. La carrière la plus basse présente à son sommet un banc de Pierre de Fouchères qui atteint plus de 1 m sur le bord nord-ouest. Ce banc n'apparaît plus dans la carrière sud-est, pourtant plus élevée. Comme d'autre part les différentes couches présentent un anticlinal net, il semble qu'un accident tectonique ait faillé le flanc nord-ouest de cet anticlinal, abaissant le compartiment sud-est dont les couches supérieures ont été conservées (fig. 1 C).

4° A Magny-Fouchard et dans l'E du département, la Pierre de Fouchères n'existe plus, mais le sable est très souvent présent entre le Jurassique et l'Hauterivien (fig. 1 D).

Étude paléontologique.

Les auteurs attribuent une origine zoogène à la Pierre de Fouchères. En effet, sauf de rares échantillons à faciès calcaire saccharoïde, il n'est pas un moëllon sans débris d'organismes plus ou moins abondants et déterminables. La plupart sont des moules internes ou des empreintes, et ne constituent pas de bons échantillons. Leur détermination en est toujours délicate, l'attribution spécifique souvent douteuse ou aléatoire. Parmi les fossiles ramassés sur le terrain ou étudiés dans les collections ¹, ont seulement été retenus ceux dont je pouvais avec certitude affirmer qu'ils

1. Sorbonne et Musée municipal de Troyes.

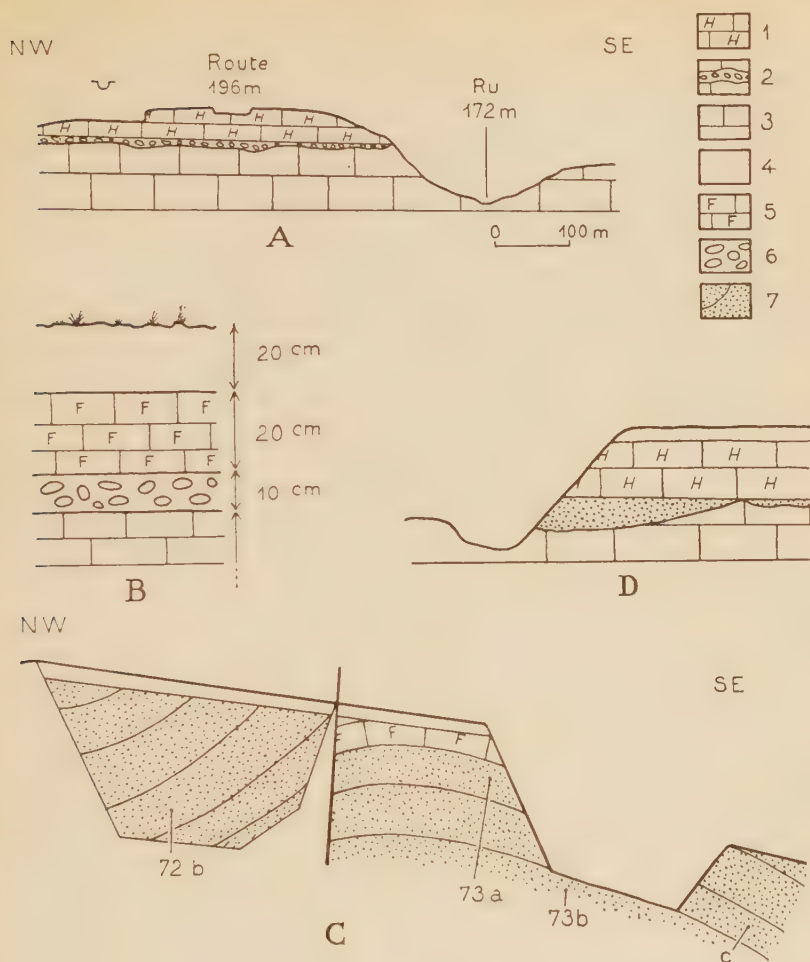


FIG. 1. — Coupes.

A : Fralignes, coupe relevée dans la carrière et le ravin ; B : Fouchères, front d'attaque d'une carrière ; C : Nuisement, Montmartin, profil des deux carrières, relevé au tachéomètre ; D : Magny-Fouchard-route Troyes-Chaumont, au lieu dit « Le tournant des Trois Moineaux ».

1 : Hauterivien ; 2 : conglomérat à oolites ferrugineuses ; 3 : Jurassique ; 4 : terre végétale ; 5 : Pierre de Fouchères ; 6 : galets jurassiques repris par la transgression crétacée ; 7 : sables blancs lités.

se rapportaient à la Pierre de Fouchères, en m'appuyant sur l'examen à la loupe de la gangue (calcaire hétérogène, spathique et glauconieux) et non par la seule considération de leur lieu de gisement, où se rencontrent souvent plusieurs étages.

	BASSIN MÉDITERRANÉEN	SUISSE	BASSIN DE PARIS	EUROPE DU NORD	C _v	C _{1v}	C ₁₁₁₋₁₁	C ₁
<i>Astrocoenia excavata</i> DE FROM.....	—	—	+					
<i>Aplosastrea neptuni</i> D'ORB.	—	+	+					
<i>Cidaris lardyi</i> DESOR....	—	+	+					
<i>Pseudodiadema rotulare</i> DESOR.....	—	+	+					
<i>Toxaster retusus</i> LMK....	+	+	+					
<i>Rhynchonella lata</i> SOW..	+	+	+					
<i>Terebratulula pseudo-jurensis</i> LEYM.....	—	+	+					
<i>Terebratulula semi-striata</i> DEFR.....	—	+	+					
<i>Arca gabrielis</i> LEYM....	+	+	+					
<i>Mytilus lanceolatus</i> SOW..	—	+	+	Angl.				
<i>Pinna sulcifera</i> DESH....	—	—	+					
<i>Isognomon mulleti</i> DESH.	—	—	+					
<i>Chlamys goldfussi</i> DESH..	—	+	+					
<i>Neithea atava</i> ROEM.....	+	+	+					
<i>Exogyra couloni</i> DEFR..	+	+	+					
<i>Trigonia caudata</i> AGASS..	+	+	+					
<i>Tr. carinata</i> AGASS.....	+	+	+					
<i>Astarte gigantea</i> DESH...	+	+	+					
<i>Anisocardia neocomiensis</i> AGASS.....	+	+	+	All.				
<i>Protocardia impressa</i> DESH.....	—	+	+					
<i>Pr. peregrina</i> D'ORB....	+	+	+					
<i>Panopea neocomiensis</i> LEYM.....	—	+	+					
<i>P. irregularis</i> D'ORB....	—	—	+					
<i>P. dupiniana</i> D'ORB....	—	+	+					
<i>Pholadomya elongata</i> MÜNST.....	+	+	+	Angl.				
<i>Natica praelonga</i> DESH...	—	+	+					
<i>N. laevigata</i> DESH.....	—	+	+					
<i>Pleurotomaria neocomiensis</i> D'ORB.....	+	+	+					
<i>Pl. pailleteana</i> D'ORB....	+	+	+					
<i>Harpagodes pelasgi</i> BRONGN.....	—	+	+					
<i>Columbellina neocomiensis</i> PIC. et CAMP.....	—	+	+					
<i>Nautilus pseudo elegans</i> D'ORB.....	+	+	+					
<i>Acanthodiscus radiatus</i> BRUG.....	+	+	+					
<i>Leopoldia leopoldina</i> D'ORB.....	+	+	+					

TABLEAU 1. — Répartition stratigraphique des espèces de la Pierre de Fouchères.

— : quelques échantillons ; = éch. fréquents ; ≡ éch. abondants.

En tenant compte de l'écologie actuelle des différents genres de cette faune, la Pierre de Fouchères doit probablement être tenue pour littorale : d'affinités presque exclusivement méditerranéennes, la faune vivait dans une mer chaude où les Polypiers pouvaient se développer. Pour dater la Pierre de Fouchères, rattachée tantôt à l'Hauterivien, tantôt au Valanginien, il était intéressant de comparer les faunes de ces étages dans l'Aube et en Suisse d'où est partie la transgression crétacée, et d'établir un tableau de répartition stratigraphique des espèces (tabl. 1). Celui-ci montre combien il est difficile de trancher la question : les espèces, pour la plupart, apparaissent dès le Valanginien supérieur ; leur maximum d'extension se situe toutefois nettement à l'Hauterivien (les épaisseurs relatives des traits ne sont pas proportionnelles au nombre d'individus de chaque espèce, car je n'ai pu effectuer une numération statistique précise). Pour suppléer à l'insuffisance de la méthode paléontologique, il a été fait appel à la sédimentologie des sables inférieurs au Calcaire de Fouchères et à la comparaison avec les sables du Valanginien terminal de Haute-Marne.

Sédimentologie des sables.

Leur caractère sporadique et leur ressemblance avec les sables du Barrémien supérieur, explique que ces formations n'ont pas toujours été reconnues et identifiées comme appartenant à la base du Crétacé de l'Aube.

Rappelons sommairement les conditions de gisements de ces sables. En Haute-Marne, la zone à *Cyrena rugosa* du Portlandien inférieur est surmontée par des marnes noires et du fer géodique à fossiles marins [L. Bertrand, 1953] puis par des sables blancs avec intercalations de sables ferrugineux et de lignites. D'épaisseur variable, ils sont généralement peu développés au-dessus du fer géodique. Gisements étudiés : N de Chamouilley, Brousseval.

Dans l'Aube, la zone à *Cyrena rugosa* manque, la zone à *Cyprina brongnarti* est directement recouverte soit par les complexes de base de la Pierre de Fouchères (marnes et galets jurassiques roulés et perforés) ou de l'Hauterivien (conglomérats à oolithes ferrugineuses) soit par des sables blancs. Gisements étudiés : Courtenot (a-b) ; Nuisement (72 b-73 a-b-c) ; Magny-Fouchard.

ÉTUDE GRANULOMÉTRIQUE ¹. — Des courbes cumulatives (fig. 2) ont été établies, permettant de calculer ensuite les indices d'hé-

1. Je remercie M^{lle} Alimen d'avoir bien voulu m'aider de ses conseils compétents.

térométrie (pente maximum de la courbe) et la grossièreté (abscisse de l'intersection de la courbe avec la droite d'ordonnée 50 %).

Les sables blancs du Valanginien supérieur de la région de Wassy-Saint-Dizier et les sables surmontant le Jurassique dans l'Aube, fournissent des courbes granulométriques de même allure : un palier correspondant aux grains grossiers, une branche montante assez fortement redressée avec un point d'inflexion correspondant aux grains moyens et un palier correspondant aux grains fins.

Certaines courbes parmi celles tracées pour les différents prélèvements de chaque gisement, sont identiques entre elles, et par suite il n'a été représenté que les différents types de courbes.

Pour un même gisement, on a toujours, parmi les courbes correspondants aux divers prélèvements, une plus redressée, différant des autres par son indice d'hétérométrie. Il est possible de considérer alors deux familles de courbes ; chaque famille constitue un faisceau dont aucune ne recoupe les autres, limité par les courbes correspondant au sable le plus fin d'une part et au sable le plus grossier.

L'allure générale des courbes indique que tous les sables étudiés font partie d'un même matériel initial, aussi bien ceux de la Haute-Marne que ceux de l'Aube. Le problème de l'origine marine ou fluviatile ne peut être tranché car ce sable a été remanié par un agent de transport à très nette action. L'indice d'hétérométrie suggère une influence éolienne très accentuée. L'étude morphoscopique vérifie cette hypothèse.

ÉTUDE MORPHOSCOPIQUE. — Conduite selon le mode opératoire établi par M. A. Cailleux [1943] l'étude morphoscopique des sables s'est révélée très difficile, à cause de l'extrême finesse du matériel. Dans la plupart des gisements il n'y a pas de grains de quartz de dimension supérieure à celle des mailles des tamis 80 et 100. Il n'était pas possible de déterminer la composition des sables suivant les normes définies par M. Cailleux, les grains étant initialement trop petits pour avoir pris des formes caractéristiques. Un seul gisement a permis de pallier cette carence : le sable de Courtenot (B sup.) est non seulement le plus grossier mais possède une assez grande quantité de grains de quartz de diamètre supérieur à 0,4 mm.

L'étude granulométrique précédente nous a amené à conclure que tous les sables étudiés font partie d'un même ensemble, par comparaison des courbes.

J'ai donc examiné les refus aux tamis les plus grossiers (40 et 60) du sable de Courtenot (B sup.), puis ceux aux tamis (140 et 160) qui, dans chaque gisement, représente l'élément dominant, et enfin comparé la composition des lots de même

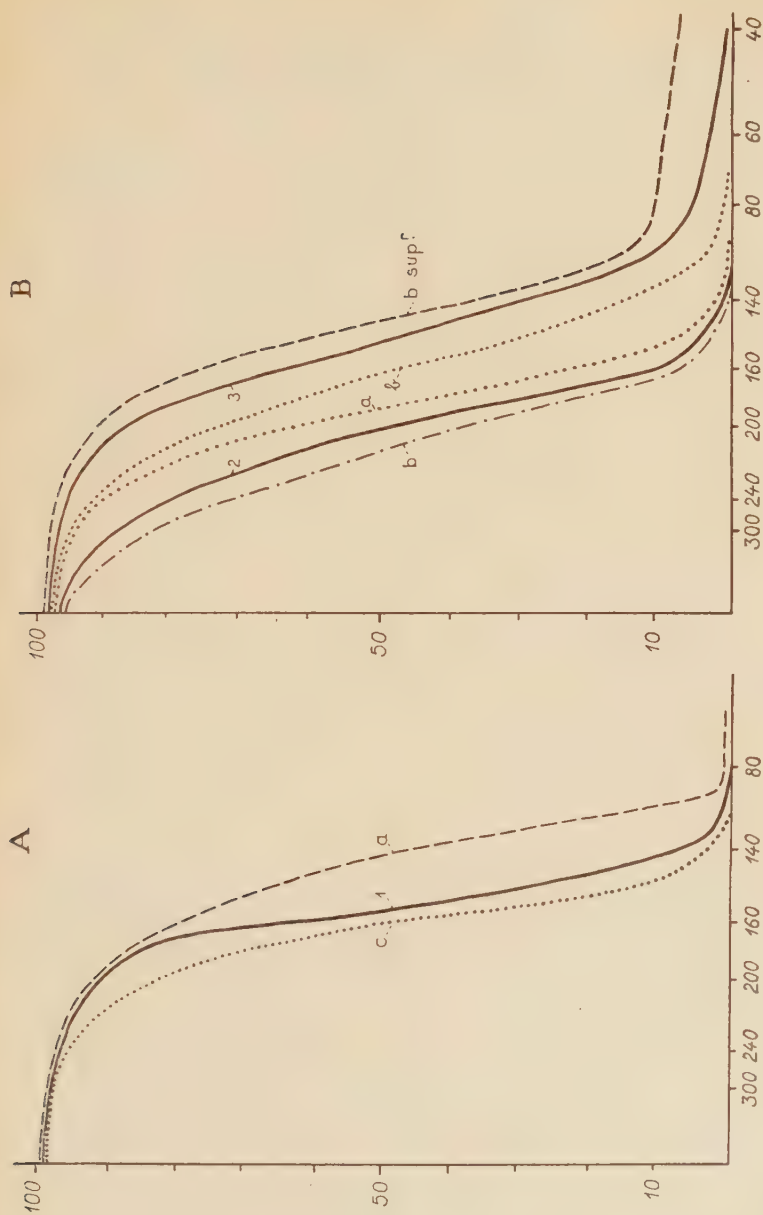


Fig. 2. — Courbes cumulatives.

A : famille II, courbes très éolées; B, famille I — — — : Courtenot; . . . : Nuisement, carrière 73;
 — . — . : Nuisement, carrière 72; — : Brousseval.

diamètre des gisements de Brousseval, Magny-Fouchard, Nuisement.

Les résultats sont très parlants : 1) les grains grossiers sont tous des ronds mats typiques ; 2) l'étude des grains fins exige l'utilisation de différentes catégories de mats, selon la nomenclature de M^{lle} Alimen [1951].

		Tamis			
		40	60	80	100
		(en %)			
Courtenot	{ picotés peu mats			7	6
	{ mats non ronds		3	53	64
	{ mats ronds { cassés	4	4	5	4
		96	93	35	26
Nuisement	{ picotés peu mats			6	4
	{ mats non ronds			51	58
	{ mats ronds { cassés			10	14
				33	23
Magny-Fouchard	{ picotés peu mats			4	6
	{ mats non ronds			66	65
	{ mats ronds { cassés			2	4
				28	26
Brousseval	{ picotés peu mats			8	6
	{ mats non ronds			61	70
	{ mats ronds { cassés			4	10
				27	14

Le pourcentage des grains ronds mats typiques diminue avec la grosseur du grain. La proportion des grains ronds mats cassés reste sensiblement la même, sauf à Nuisement où elle est plus forte. Les picotés peu mats ne se trouvent que dans les tamis les plus fins ; certains se présentent en lamelles assez anguleuses et transparentes. Tous sont picotés.

En résumé, dans tous ces sables : aucune trace d'action de l'eau (absence d'émoussés luisants) ; quelques grains arrondis, assez transparents auraient pu être confondus avec des émoussés luisants, mais l'examen à un plus fort grossissement ($\times 200$) montre qu'en réalité ils sont tous picotés. Il n'y a pas non plus de non usés typiques : l'agent de transport éolien a été suffisamment important dans l'espace et dans le temps pour marquer son action sur le matériel.

MINÉRAUX LOURDS. — M. Vatan a bien voulu examiner les préparations que j'avais effectuées. D'après lui certaines analogies ont pu être établies entre les minéraux lourds de l'E du bassin de Paris et ceux de la partie sud de l'Angleterre, notamment la présence des associations rutile-tourmaline-anatase-grenat et zircon-disthène-staurotide, trouvées dans les sables d'Ashdown. Le grenat et l'apatite auraient été apportés par des fleuves venant des massifs hercyniens du NE (Vosges, Ardennes), la staurotide du Cotentin. Un apport venant du Massif Central tout proche n'est cependant pas à exclure.

Il y aurait donc parenté entre les sables du bassin de Paris et ceux du Weald d'Angleterre. Peut-être un même système hydrographique a-t-il couvert un continent wealdien, reliant l'Angleterre et le bassin de Paris, drainant des matériaux arrachés aux môles émergés vers la Mésogée. Seule une étude plus précise permettrait de vérifier cette hypothèse. Les conclusions actuellement les plus assises inclinent à penser qu'il y a une convergence de faciès entre les deux formations, alimentées par les fleuves venant des mêmes régions, mais ne faisant pas obligatoirement partie d'un même réseau.

CONCLUSIONS. — La granulométrie, la morphoscopie des sables, et l'étude de leurs minéraux lourds amènent à conclure que :

1° ces sables font partie d'un même matériel initial amené par des fleuves dont on ne connaît pas le réseau.

2° ils ont subi une action éolienne très importante et prolongée.

La mer, qui avait légèrement pénétré dans des cheneaux dans la région de Saint-Dizier au Valanginien inférieur et moyen, s'est retirée pour laisser place à des dunes continentales couvrant l'Aube et la Haute-Marne (matériel homogène à stratification soulignée par des lits de lignite). La forte usure des grains permet d'affirmer que l'émersion a été très longue.

Conclusions.

Le tableau ci-après résumera l'histoire de la région est du bassin de Paris (Yonne, Aube, Haute-Marne) depuis le Jurassique supérieur jusqu'à l'Hauterivien.

	YONNE	AUBE	HAUTE-MARNE
HAUTERIVIEN inférieur	Calcaire de Bernouil, arrivée précoce de la mer.	Pierre de Fouchères.	Marnes calcaires bleues sporadiques ou conglomérats à oolithes ferrugineuses.
VALANGINIEN supérieur		Sables blancs continentaux	
moyen VALANGINIEN inférieur	(lacune)	(lacune)	Avancée hésitante de la mer, dépôt de marnes noires et de fer géodique marins.
PORTLANDIEN	(lacune) Émersion	(lacune) Émersion	Émersion
	Zone à <i>Cypripina</i>		Zone à <i>Cyrena rugosa brongnarti</i> .

SOMMAIRE BIBLIOGRAPHIQUE

- ALIMEN H. (1951). — Variations granulométriques et morphoscopiques du sable le long de profils dunaires du Sahara occidental. Colloque international, Alger, 1951.
- (1953). — Caractères granulométriques d'un dépôt effectué par le vent de sable à Béni-Abbès. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 234-237.
- ALLEN P. (1949). — Wealden Petrology. *Quart. Journ. geol. Soc. London*, vol. CIV, p. 257-321.
- BERTRAND L. (1953). — Le Valanginien de la région de Saint-Dizier (Haute-Marne). *B. S. G. F.*, (6), t. III, p. 261-275.
- CAILLEUX A. (1943). — Distinction des sables marins et fluviatiles. *Ibid.*, (5), XIII, p. 125-138.
- CORROY G. (1922). — Le Valanginien de la bordure est du bassin de Paris, *C. R. somm. S. G. F.*, t. CLXXV, p. 1419-1421.
- (1925). — Le Néocomien de la bordure orientale du bassin de Paris. *Bull. Soc. Sc. Nancy*, 5^e sér., t. II.
- GILLET S. (1924). — Études sur les Lamellibranches néocomiens. *Mém. Soc. géol. France*, nouv. sér., n° 3.

- LAMBERT J. (1916). — Sur l'existence de l'étage Valengien et sur l'oscillation barrémienne dans l'Aube et l'Yonne. *Mém. Soc. Ac. Aube*, t. LXXX.
- LEYMERIE A. (1840). — Mémoire sur le terrain crétacé du département de l'Aube. *Mém. Soc. géol. France*, Géol., 1^{re} sér., t. IV, p. 221-364.
- (1842). — *Id.*, *Ibid.*, Géol., 1^{re} sér., t. V, p. 1-34.
- (1846). — Statistiques géologiques et minéralogiques du département de l'Aube, Troyes.
- STCHÉPINSKY V. (1952). — Aperçu de l'histoire géologique de la Haute-Marne. *Cahiers hauts-marnais*, n° 23, p. 131-137.
- VATAN A. (1937). — Étude minéralogique comparée des sédiments arénacés du bassin de Paris, *C. R. Ac. Sc.*, t. 205, p. 70.
-

MOLLUSQUES DE PETITES DIMENSIONS
DES FORMATIONS CONTINENTALES
LUDIENNE, SANNOISIENNE ET STAMPIENNE
DU JURA MÉRIDIONAL ET DE LA HAUTE-SAVOIE

PAR **Paul Jodot** ¹.

Annexe

PAR **Henri Vincienne**.

PLANCHE XXIII b.

Sommaire. — Trois faunes de Mollusques continentaux existent pendant l'Oligocène dans le Jura méridional : les petites mares ludiennes sont peuplées de minuscules coquilles, celles du Sannoisien d'espèces naines. Ces deux étages étaient inconnus dans le Jura français. Durant le Stampien, quelques coquilles des formations lacustres présentent une taille presque normale ; tandis que les Mollusques de dimensions restreintes, des gisements laguno-lacustres, furent gênés dans leur développement : un fjord long, étroit et sans profondeur, issu du N de l'Allemagne, empruntait la vallée du Rhin, la Haute-Alsace et la bordure occidentale du Jura. D'autres influences, venant des mers subalpines s'étendaient jusqu'en Haute-Savoie.

Un problème malacologique se pose à propos de la taille des Mollusques continentaux de plusieurs gisements du Jura méridional, dont M. H. Vincienne m'a très aimablement confié l'étude ; ces petites coquilles n'étaient pas des jeunes.

Je complète ce travail par l'identification des fossiles que nous avons récoltés ensemble à Génissiat et dans la vallée des Usses (Haute-Savoie), ainsi que par la détermination de quelques Gastéropodes de ces régions qui m'ont été confiés ².

Les fossiles examinés, sont en général peu abondants, de conservation parfois médiocre, ou représentés par des moules calcaires. On souhaiterait qu'une récolte plus ample de nouvelles coquilles permette de compléter les identifications proposées. Néanmoins, plusieurs résultats stratigraphiques nouveaux sont entrevus, ainsi que les conditions des milieux paléobiologiques.

1. Note présentée à la séance du 15 novembre 1954.

2. La publication de cette note, rédigée avant la guerre, a été retardée pour des raisons indépendantes de ma volonté.

Étude des gisements.

I. CALCAIRE MARNEUX GRIS DE CHÉZERY (AIN). — Situé à l'E du village de Chézery (Ain), sur le chemin forestier de Rosset à Combe-Charbonnière, le gisement est composé de débris de calcaires marneux gris, en partie laminé repris par la mollasse oligocène lacustre. Il a fourni :

Planorbis (Hippeutis) cf. sowerbyi BRONN. Un échantillon adulte et très petit (Pl. XXIII b, fig. 1 a, b, c) montre le dessus de la coquille, conforme au type par la convexité des tours, mais l'enroulement de la spire est un peu moins rapide. Le dessous comprend des tours légèrement subconvexes, comme dans la figure d'Edwards [Edwards et Woods, 1877, pl. XV, fig. 9 a-d], tandis que cette face inférieure semble plus aplanie sur la lithographie originale de Bronn. Le dernier tour est subcaréné par un angle périphérique placé un peu au-dessous du milieu du tour. Il est fort regrettable qu'une déformation gibbeuse confère à l'angle périphérique près de l'ouverture, un profil subarrondi et imprévu, au point que la coquille prend localement l'aspect trompeur d'un *Gyraulus*.

Long. de la coquille : 0,6 mm ; diam 2,2 mm. Cette coquille est donc beaucoup plus petite que le type anglais de Sconce qui mesure : 5,8 mm de diamètre.

Valvata (Concinna) circinata MÉRIAN var. *jurana* nov. var. (Pl. XXIII b, fig. 5 a, b, 6 a, b). Les tours sont peu étagés, et leur enroulement moins rapide que sur la figure du type de *Valvata circinata* MÉRIAN [Sandberger, 1870-1875, p. 734, pl. XVIII, fig. 5]. Le plus grand échantillon mesurant : long. de la coquille 2,5 mm ; diam. 3 mm, toutes les coquilles de Chézery sont de taille très inférieure au type de Mérian. Ce dernier accompagne à Brunnstadt et à Kleinkems (Alsace) une série d'espèces paraissant plus ludiennes que sannoisiennes. Cette petite *Valvata* représente une variété nouvelle : *Valvata (Concinna) circinata* MÉRIAN var. *jurana* nov. var.

Je propose de classer le calcaire marneux gris lacustre de Chézery dans le Ludien supérieur. C'est à ma connaissance, la première fois que cet étage est signalé dans le Jura français.

J'examinerai dans un chapitre spécial les causes qui influencent la taille des coquilles de ce gisement, ainsi que celles des localités suivantes.

II. CALCAIRE LACUSTRE AU N DE LA FERME DU CREUX, A L'W DU NIAISET, COMMUNE DE LELEX (AIN). — Non loin de Gex, près de Lelex, le calcaire lacustre marneux et grisâtre du N de la ferme du Creux rappelle la couleur grise du calcaire marneux de Chézery ; il a livré 2 espèces fossiles :

Planorbis (Paraspira) cf. elegans EDWARDS¹ est représenté par une petite coquille (diam. : 1,8 mm) assez semblable à l'espèce du Moulin des Moines à Lelex, décrite ci-après.

Limnaea (Stagnicola) orelongo BOUBÉE 1830, var. *galesensis* FONT. 1884². Identifiée sur un moule interne et sur son contre-moulage (Pl. XXIII b, fig. 8 a, b et 9), la coquille de cette Limnée, un peu déformée latéralement, est mutilée à la base du dernier tour. Comme les mensurations de l'échantillon reconstitué (long. : 10,5 mm ; diam. : 5 mm.) restent proportionnelles aux dimensions du type, et que l'exemplaire de Lelex se superpose à la figure de F. Fontannes [1884, pl. V, fig. 42], sauf que les sutures sont un peu plus profondes, l'identification semble correcte. Le type de F. Fontannes provient du Ligurien moyen de Galés près de Barjac (Gard), c'est-à-dire de la limite du Sannoisien et du Ludien.

La taille réduite de *Planorbis (Paraspira) cf. elegans* EDW. et de *Limnaea (Stagnicola) orelongo* BOUBÉE var. *galesensis* FONT. peut faire penser à des formes jeunes ; toutefois ces échantillons indiquent plutôt le début de deux lignées évolutives. Le calcaire lacustre marneux du N de la ferme du Creux s'est déposé probablement au Ludien.

III. CALCAIRE LACUSTRE AU S DE LA FERME DU CREUX, COMMUNE DE LELEX (AIN). — Ce calcaire lacustre se rapproche par son aspect et sa couleur grise du calcaire précédent. Il n'a livré qu'un oogone de *Chara sp.*, mais pas une seule coquille.

IV. CALCAIRE LACUSTRE DU MOULIN DES MOINES DE LELEX (AIN). — On a extrait des blocs épars d'un calcaire blanc, gisant autour de la mare du Moulin des Moines à Lelex :

Planorbis (Gyraulus) cordatus SANDB. var. *vinciennei* nov. var. Quatre minuscules échantillons (Pl. XXIII b, fig. 3 a, b, c, 4 a, b, c), puisque le plus grand mesure seulement : long. : 0,5 mm ; diam. : 1,5 mm.

1. *Planorbis elegans* EDW. est classé par W. Wenz [1923-1950, p. 1555], ainsi que *Pl. stenocyclotus* FONT. [p. 1577] dans le sous-genre *Gyraulus*. D'après la forme des coquilles, cette interprétation ne doit pas être retenue. Ces deux espèces appartiennent au sous-genre *Paraspira*.

2. F. Fontannes [1884, p. 41] rapprocha la variété *galesensis* FONT. de l'espèce *Limnaea elongata* M. DE SERRES. Or, *L. elongata* M. DE SERRES 1884 (non DRAP. 1805) = *L. orelongo* BOUBÉE 1830 (fide : Boubée [1868, p. 77]). A en juger d'après les échantillons de l'École des Mines, cette dernière attribution paraît exacte. Il n'est donc pas possible d'admettre l'identification proposée par W. Wenz [1923-1950, p. 1385] : *Limnaea (Galba) longiscata* BRONG. var. *galesensis* FONT. En effet : 1) la variété *galesensis* FONT. ne dépend pas du groupe *longiscata* BRONG., mais de l'espèce *L. orelongo* BOUBÉE ; 2) Les 2 espèces *L. longiscata* BRONG. et *L. orelongo* BOUBÉE rentrent dans le sous-genre *Stagnicola* LEACH, mai 1830 (non BREHM, déc. 1830), génotype : *Limnaea palustris* MÜLLER. Elles n'appartiennent pas au sous-genre *Galba* SCHRANK 1803, génotype : *Limnaea truncatula* MÜLLER.

Coquille discoïde, orbiculaire, peu renflée, à peine convexe en dessus, avec la région médiane légèrement concave : plano-convexe en dessous ; 4 tours de spire, les première à croissance régulière emboîtés les uns dans les autres et plus convexes que le dernier, qui l'est faiblement dessus et dessous ; section cordiforme obtuse des tours ; sutures modérément marquées ; ouverture subcordiforme, oblique, fortement échancrée par l'avant-dernier tour.

Ces très petits *Planorbis* se rapprochent de *Gyraulus cordatus* SANDB. de l'Oligocène moyen de Hobelsbuch, figuré par C. Joos [1912, p. 171, pl. IV, fig. 11 a-c], dont les dimensions sont plus grandes ; mais ils ne possèdent pas les nombreux tours et la section transversale surbaissée de la figure originale de F. Sandberger [1863, pl. XXXV, fig. 21]. Je propose de les différencier comme variété nouvelle dédiée à l'auteur de leur découverte : *Planorbis (Gyraulus) cordatus* SANDB. var. *vinciennei* nov.

Planorbis (Paraspira) elegans EDWARDS var. *minor* nov. (Pl. XXIII b, fig. 2 a, b, c). Par ses tours convexes en dessous et bien arrondis à la périphérie, par l'ombilic peu profond au-dessus, ainsi que par la forme plano-subconcave de la face inférieure, ce Planorbe répond à la description de *P. elegans* EDW. Cette espèce s'apparente par ses tours peu nombreux aux *Paraspira* actuels : *P. spirorbis* L. ou *P. milleti* BOURG., ce dernier de dimensions plus réduites que le précédent ; mais *P. elegans* EDW. de Lelex a les tours plus serrés, plus étroits, moins hauts, et il est de très petite taille. Long. de la coquille : 0,6 mm ; diam. : 2,5 mm.

La coquille de la ferme du Creux, signalée plus haut, mais plus petite, est voisine de celle du Moulin des Moines.

Le Planorbe de Thévalles près de Laval (Mayenne), figuré comme *Pl. (Anisus) elegans* EDW. par G. F. Dollfus [1921, p. 85, fig. 5 a] n'appartient pas à cette espèce ; il s'identifie avec *P. (Paraspira) stenocyclotus* FONT., espèce manifestement très différente. J'ai dit plus haut ¹ que *P. elegans* EDW. ne peut tomber en synonymie de *Pl. stenocyclotus* FONT.

Le type d'Edwards est signalé dans le Ludien anglais à la base de Headon Hill et à Hordwell, où il atteint 3,8 mm de diamètre ; il est bien plus grand que la coquille de Lelex : celle-ci sera désignée comme *Planorbis (Paraspira) elegans* EDW. var. *minor* nov.

Limnaea (Radix) briarensis DESH. var. Cette petite Limnée diffère de *L. briarensis* DESH. typique par la spire moins longue, le dernier tour plus ventru et les sutures moins inclinées. Long. de la coquille : 4,5 mm. ; diam. : 3 mm.

Cette variété existe à Lagny-Thorigny (S.-et-M.) dans le calcaire de Brie, où elle se trouve en meilleur état de conservation ; l'exemplaire de cette dernière localité sera décrit et figuré prochainement.

La faunule lacustre du Moulin des Moines de Lelex, composée d'espèces oligocènes, qui n'ont pas été mentionnées jusqu'ici dans la chaîne du Jura, semble appartenir au Sannoisien. Aucun de ces fossiles ne possède les dimensions normales ² des types.

1. Voir note 1 page 539.

2. Cette observation s'applique aussi bien à *Planorbis elegans* EDW. var. *minor* qu'à *Gyraulus cordatus* SANDB. var. *vinciennei*, car ces fossiles sannoisiens de Lelex, donc plus évolués que les espèces du Ludien inférieur, devraient logiquement dépasser les mensurations des types de ce dernier étage.

V. CALCAIRES LACUSTRES DES ENVIRONS DE COLIGNY (AIN). — Du gisement de Coligny (Ain), signalé depuis longtemps par les auteurs, j'ai reconnu :

1^o Dans le calcaire lacustre blanc tendre et finement concrétionné :

Limnaea (Radix) cf. inflata BRONG. Un moule en pierre déformé et de petite taille ne paraît pas correspondre à *L. (Radix) tombecki* DESH. [Vinciennes, 1938]. Ce Gastéropode semble se rapprocher de *Radix inflata* BRONG. sans cependant s'identifier complètement.

Hydrobia (Tournoueria) dubuissoni BOUILLET. Contremoulages en cire.

2^o Les calcaires siliceux brunâtres ont livré : *Hydrobia (Tournoueria) dubuissoni* BOUILLET.

3^o Dans la même région, entre Trevey et la Grange-de-la-Tour, un moulage d'*Helix* déformé, dégagé d'un bloc de calcaire blanc par H. Vincienne, n'a pu être identifié.

D'après les fossiles des environs de Coligny, on peut vraisemblablement rapporter au Stampien supérieur les deux premiers niveaux ; l'âge du troisième n'est pas précisé.

VI. CALCAIRES LACUSTRES DE GÉNISSAT (HAUTE-SAVOIE) SUR LA RIVE GAUCHE DU RHONE. — Au S de Bellegarde et à la hauteur du barrage de Génissiat, les travaux de recherches sur la rive gauche du Rhône (Haute-Savoie) nous ont permis de relever au-dessus du calcaire urgonien, une coupe des formations tertiaires, publiée en annexe par H. Vincienne (p. 555).

Deux niveaux de calcaire lacustre de quelques mètres de puissance (n^{os} 4 et 6 de notre coupe), comportant chacun plusieurs bancs durs et homogènes, se montrent localement fossilifères.

1^o On identifie les Gastéropodes suivants du calcaire lacustre n^o 4 :

Helix (Plebecula) cf. ramondi BRONG. *race minor nov.* Ce fossile est représenté dans le calcaire lacustre par des empreintes en creux, qui donnent des contremoulages incomplets (Pl. XXIII b, fig. 12, 13, a, b).

Cet *Helix* de petite taille, de forme globuleuse et à spire obtuse au sommet, se compose de 5 tours convexes qui se recouvrent un peu à la manière de *H. corduensis* ¹ ; les sutures ne sont pas accusées ; le plan de l'ouverture semble très oblique. Les parois internes des contremoulages en creux, malheureusement encroûtées d'un dépôt de calcite en surface des tours, ne laissent pas voir s'il existe des stries d'accroissement analogues à celles d'*H. rugulosa*,

1. Impossible de s'arrêter à l'interprétation de G. F. Dollfus [1909, p. 468], qui propose de rapporter, comme forme ancestrale d'*Helix (Plebecula) ramondi* BRONG., des *Helix* d'âge stampien de taille évidemment un peu plus faible, mais dont la morphologie est si différente, qu'on les range dans d'autres sous-genres : *Helix corduensis* NOULET du calcaire de Cordes (Tarn) est le géotype du s. g. : *Pseudoleptaxis* PILSBRY 1894 ; de même, *Helix raulini* NOULET de Briatexte, « qui est vraisemblablement *Helix fraasi* des Allemands » d'après G. F. Dollfus [1923], appartient en réalité au sous-genre *Leptaxis* LOWE 1852.

ou des cannelures comme sur *H. ramondi*, quand celui-ci est de grande taille. Par sa forme générale, le fossile de Génissiat ne se rapporte certainement pas à *H. rugulosa*. Le dernier tour est bien moins haut que chez *H. ramondi* : il rappelle à cet égard la figure de *H. fraasi* Jooss [1912, p. 166, pl. IV, fig. 6-6 c], petite espèce oligocène de Riess (Bavière). Bien que les contremoulages en cire ne possèdent pas le galbe conoïde des exemplaires typiques et bien adultes d'*H. ramondi*, une certaine analogie existe avec les moules internes en calcaire de ce dernier *Helix*. Finalement, bien que les *Helix* étudiés ne correspondent pas strictement à l'espèce typique, c'est encore du groupe d'*H. ramondi* que se rapproche le plus l'*Helix* de Génissiat.

La coquille de Génissiat atteint d'après ses dimensions reconstituées : long. : 9 à 9,5 mm ; diam. max. : 14,5 à 15 mm ; diam. min. : ± 13 mm. Ces mensurations ne correspondent pas à celles de *H. fraasi* Jooss (long. : 11,4 mm. à 11,8 mm ; diam. max. : 16 à 16,5 mm. ; diam. min. 14,3 à 14,5 mm.) On ne peut assimiler ces 2 espèces, bien que Jooss considère la coquille bavaroise, qui n'est pourtant pas globuleuse, comme un *H. ramondi* de petite taille, et range cette espèce dans le sous-genre *Plebecula*.

Les difficultés relatives à l'identification de l'*Helix* de Génissiat se présentent chaque fois que ce fossile est rencontré dans la région. Au N de Génissiat, en Bresse, la présence de ce Gastéropode a été observée à 850 m de profondeur dans le sondage de Courlans I près de Lons-le-Saunier (Jura). Grâce à la courtoisie de M^{me} Lefavrais du Bureau de Recherches géologiques, géophysiques et minières, j'ai eu l'occasion d'examiner les moulages internes un peu déformés de petits échantillons de *Plebecula ramondi* BRONG. J'ai hésité sur leur identification entre *P. ramondi* et *Pseudoleptaxis corduensis* NOUL., tous les deux du Stampien, car les dimensions des fossiles de Courlans se rapprochent de l'une et de l'autre de ces deux espèces. En dernière analyse, un moulage, non adulte, du sondage (long. : 14,5 mm ; diam. : 18,5 mm), me semble conforme à l'échantillon jeune, provenant d'Asnières près Dijon, figuré par G. F. Dollfus [1909, pl. II ; fig. 7 à 9] ; mensurations sur la figure : long. : 13,75 mm. ; diam. : 17 mm. Les fossiles du sondage sont colorés en rouge comme ceux de Dijon et de plusieurs gisements du bassin du Rhône.

De même, au S de Génissiat et à proximité de Seyssel, dans les formations lacustres de Pyrimont (Ain), et sur l'autre rive du Rhône à Challonges (Savoie), Ch. Depéret et H. Douxami [1902] ont déterminé *Helix corduensis* NOUL., tandis que M. Gignoux et L. Moret [1909] y signalent dans les mêmes gisements *Helix ramondi* BRONG., associé à *Amphitragulus* : c'est toujours la même identification contestable de cet *Helix*. Le problème de cette détermination pourrait être repris dans ces localités, puisque, d'après J. Viret et J. Harzeler [1937], le lacustre s'étage du Stampien moyen à l'Aquitanién supérieur. Il suffirait de récolter des échantillons de cet *Helix* dans tous les bancs fossilifères de ces deux coupes stratigraphiques.

Il existe un certain rapport proportionnel entre les mensurations des échantillons de Génissiat et de Courlans I avec ceux d'*H. ramondi* typique, de plus grandes dimensions, prélevé à Pont-du-Château en Limagne : long. : 20-25 mm ; diam. : 25-30 mm. Un rapport analogue se retrouve avec la forme ancestrale et moins grande d'*H. ramondi* (long. : 18 mm ; diam. max. : 21,7 mm. ; diam. min. : 18,6 mm), récolté dans la meulière d'Elancourt ¹ près Trappes (S.-et-O.), à la base du calcaire inférieur de Beauce = meulières de Montmorency ².

1. Notre collègue Grambast m'a montré un exemplaire de cette localité qu'il a eu occasion de récolter. Ce fossile non adulte mesure : long. : 14,4 mm ; diam. : 13 mm.

2. La faune malacologique continentale de la base du calcaire d'Étampes semble appartenir au Stampien moyen [Jodot, 1949, p. 165].

Enfin, puisque la coquille de Génissiat reste de plus petite taille ¹, comment admettre que les *Helix* de ce gisement aient été uniquement composés de jeunes exemplaires ?

En attendant de meilleurs échantillons qui permettent de dire s'il est nécessaire de créer une espèce nouvelle, je considérerai les fossiles de Génissiat comme une race spéciale et nommerai provisoirement les moulages défectueux : *Helix (Plebecula) cf. ramondi* BRONG. race *minor. nov.* Au lieu d'une « race *minor* », on aurait pu être incité à créer une « variété *minor* » ², ayant précédé la forme d'Elancourt, et voir à Génissiat l'indication d'un niveau stampien un peu moins élevé : je montrerai plus loin qu'on ne peut se laisser arrêter par cette impression.

Planorbis (Coretus) cornu BRONG. 4 échantillons bien conservés ont été récoltés. Le plus grand, déjà très développé, atteint 17 mm de diamètre.

2° Dans le calcaire lacustre du niveau n° 6, on reconnaît, en dehors des fragments de tige de *Chara*, deux espèces :

Limnaea (Radix) pachygaster THOMAS. Les coquilles présentent la forme de *L. pachygaster* ³, mais toutes restent de taille minime. Aucune n'atteint les dimensions de la forme typique normale :

n° 1 la plus importante	long. 9,5 mm ; diam. 5 mm
n° 2 individu incomplet (reconstitué)	— 7,5 — ; — 4 mm
n° 3 exemplaire très jeune.	— 3,5 — ; — 2 mm

Planorbis (Gyraulus) declivis BRAUN. Identifié sur de nombreux contre-moulages, ce petit Planorbe appartient au s. g. *Gyraulus*. Les plus grands diamètres mesurés donnent 5 mm, dimension qui reste très inférieure aux 7 mm des individus de Sansan.

Les deux fossiles : *Limnaea pachygaster* et *Planorbis declivis* du banc calcaire n° 6, ainsi que *Helix (Plebecula) cf. ramondi* BRONG. race *minor* du niveau n° 4 ne possèdent pas la taille des échantillons normaux. L'association de ces Gastéropodes, aux dimensions réduites, semble indiquer que des conditions biologiques spéciales ont gêné le développement de ces espèces. Malgré ces anomalies, et conformément aux dimensions normales de *Pla-*

1. Je ne partage pas l'opinion de M. Gignoux et L. Moret [1939, p. 144] « qu'il faut se garder d'attribuer à cette espèce une signification stratigraphique trop précise ».

2. L'indication d'une variété « *minor* », mais non d'une race, figure à titre de renseignement manuscrit : « *var. minor* » Agen à l'Ermitage (R), à Villemur (Hte-Garonne) », ajouté par J.-B. Noulet dans son exemplaire personnel (1868, p. 150). Ce précieux volume est heureusement conservé dans la bibliothèque du laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences de Toulouse, où j'ai trouvé les plus grandes facilités pour en prendre connaissance. Grâce à cette obligeance, j'ai pu annoter l'exemplaire de ma bibliothèque.

3. Il semble difficile de suivre W. Wenz dans ses attributions du *Fossilium Catalogus* : *Limnaea (Radix) pachygaster* THOMAS devenant synonyme de *Radix subovata* VON ZIETEN ; *L. (Radix) dilatata* NOULET tombant en synonymie de *Radix socialis dilatata* NOULET. A s'en rapporter aux figurations publiées et aux cotypes des collections publiques de la France, ces espèces donnent l'impression d'appartenir beaucoup mieux à des phyllums différents qu'à la synonymie indiqué ci-dessus ; ce qui m'engage à les considérer comme des espèces distinctes.

norbis (*Coretus*) *cornu* BRONG., les fossiles des calcaires lacustres n° 4 et n° 6 de Génissiat représentent sans doute deux couches de la base du Stampien supérieur. Comme conséquence, la petite forme d'*H. ramondi* ne doit pas être assimilée à une prémuation stratigraphique de cette espèce, mais plutôt à une race locale (race *minor*) de dimensions moindres que l'échantillon d'Élan-court, lui-même ancêtre du type de Pont-du-Château. Ainsi, les facteurs biologiques, qui empêchèrent le développement morphologique des coquilles du banc n° 6, avaient déjà fait sentir leurs effets sur les espèces terrestres du niveau n° 4 de Génissiat, mais pas encore sur les espèces dulcéaquicoles de cette assise, moins élevée du Stampien.

VII. CALCAIRE LACUSTRE DE DROISY PRÈS DE SEYSSSEL (HAUTE-SAVOIE). — Au S de Génissiat, dans le calcaire lacustre brunâtre, dur et à cassure large de Droisy près de Seyssel (Haute-Savoie), les Gastéropodes incomplets ou déformés, se rapportent à :

Helix sp. écrasé, indéterminable.

Limnaea (*Radix*) *inflata* BRONG. conforme au type ; long. : 11 mm ; diam. : 9,4 mm. (Pl. XXIII b, fig. 7).

Limnaea (*Stagnicola*) cf. *cornea* DESH. Moule interne comprenant les derniers tours, ainsi que l'ouverture.

Limnaea (*Stagnicola*) *subpalustris* THOMAE. Les moules calcaires, auxquels manquent les tours embryonnaires (Pl. XXIII b, fig. 10 a, b, 11 a, b) concordent avec cette espèce par la forme du dernier tour de spire, la hauteur de l'ouverture et l'indice bien marqué du pli columellaire.

Ces derniers échantillons paraissent moins élancés que les espèces de l'Aquitainien ; je les crois conformes aux coquilles du bassin de Mayence, dont la figure de Sandberger [1863, p. 68, pl. VII, fig. 2] représente le dernier tour de la coquille, trop développé ; l'observation de J.-B. Noulet [1868, p. 171] à ce sujet est parfaitement exacte. Comme l'a remarqué G. F. Dollfus [1923, p. 179] dans l'Oligocène de la Limagne, *L. brongniarti* DESH. 1886 ne tombe pas en synonymie de cette espèce.

Planorbis (*Gyraulus*) sp. Tous les exemplaires de ce Planorbe de taille réduite sont écrasés. Aucun n'est déterminable spécifiquement.

Le gisement de Droisy se place, semble-t-il, au niveau stratigraphique du Stampien moyen.

VIII. CALCAIRE LACUSTRE DE RUFFIEUX (SAVOIE). — Je complète les observations précédentes par l'examen des Mollusques du calcaire lacustre de Ruffieux, gisement situé à 5 km E de cette localité, en lisière des feuilles au 80 000^e : Nantua et Chambéry.

Ces échantillons m'ont été communiqués par le D^r Filhol du Havre. Le calcaire marneux, de teinte brunâtre par suite d'impré-

gnations bitumineuses, est très fossilifère. Les coquilles, assez bien conservées, restent toujours engagées dans la roche.

Helix (Cepaea) rugulosa VON MARTENS in ZIETEN 1830. Un exemplaire à spire peu élevée et non conoïde possède l'ouverture très oblique et les stries d'accroissement bien marquées : long. : $\pm$ 8,5 mm à 9 mm ; diam. : 15,8 mm. Ces dimensions correspondent à un individu de taille non tout à fait normale.

Limnaea (Radix) subbullata SANDB. Comme la coquille est de petites dimensions : long. : 3,5 mm env. ; diam. max. : 3 mm, on pouvait penser à un individu jeune de *L. inflata* BRONG. ; il n'en est rien, car la convexité des tours sur l'exemplaire de Ruffieux est peu accusée et beaucoup plus brusque à proximité de la suture. Par l'enroulement des tours, cette Limnée appartient à *L. subbullata* SANDB. non DUNKER. D'autre part, ce Mollusque n'a vraisemblablement pas atteint son complet développement, mais il est possible que toutes les Limnées du gisement de Ruffieux possèdent une taille réduite ; ce qui corroborerait plusieurs renseignements malacologiques de la faune complémentaire. Notons enfin que dans l'Aquitainien de la Suisse, cette espèce mesure 13 mm de longueur, *fide* G. Maillard, mais qu'elle atteint une taille encore plus forte (hauteur : 18 mm) dans les calcaires lacustres situés à quelques kilomètres au S de Saint-Pierre-le-Moutier (Nièvre) (feuille au 80 000^e de Saint-Pierre-le-Moutier), raison pour laquelle j'attribue aussi à ce dernier gisement l'âge aquitainien.

Planorbis (Coretus) cornu BRONG. La convexité des tours est semblable à celle des coquilles du calcaire lacustre n° 4 de Génissiat ; mais les grands échantillons ont des dimensions plus importantes, diam. : 20 mm. Cette espèce est représentée à Ruffieux par de nombreux exemplaires.

Planorbis (Gyraulus) declivis BRAUN. La surface opposée du morceau de calcaire sur laquelle sont encastrés les grands *Planorbis cornu*, montre un véritable essaim de petits Planorbes. Les exemplaires les mieux développés, mais les moins abondants, mesurent 3 à 3,5 mm de diamètre, tandis que les individus de taille moyenne, entre 2 et 3 mm, sont les plus nombreux.

Dans le gisement de Ruffieux, les espèces lacustres *Limnaea subbullata* et *Planorbis declivis* possèdent des petites formes ; le Gastéropode terrestre, *Helix rugulosa* est de moyenne grandeur ; seul *Planorbis cornu* atteint une forte taille. Ainsi s'opposent les dimensions restreintes de ces fossiles au développement plus prononcé du *Planorbis cornu* BRONG.

Tous ces renseignements correspondent au Stampien supérieur ; or l'âge chattien est indiqué dans la légende de la feuille 160 (Nantua 1936), contrairement à l'Aquitainien mentionné sur la feuille 169 (Chambéry 1901), pour la partie méridionale du même gisement.

IX. FORMATIONS LACUSTRES DE LA VALLÉE DES USSES (HAUTE-SAVOIE. — A l'E et au S du Rhône dans la vallée des Ussets (Haute-Savoie), deux affleurements ont livré des fossiles à H. Vincienne et à moi-même.

1° En bordure de la route entre Pont Rouge et le village de Mons, au-dessous de 3 du point coté 350 m, sur la carte au 80 000^e, un banc de calcaire marneux noirâtre, intercalé au milieu de la molasse sableuse a permis de récolter :

Planorbis (*Coretus*) *cornu* BRONG. Nombreux échantillons de moyenne grandeur, tous déformés, mais bien reconnaissables.

Limnaea (*Radix*) *sp.* Dernier tour seul visible, atteignant 4,4 mm de diamètre, d'une petite espèce non identifiable, qui appartient, peut-être, au groupe de *L. pachygaster* THOMAE.

Étant donné le diamètre des *Planorbis cornu*, ce calcaire marneux représente sans doute, le Stampien supérieur.

2° Plus à l'E, à la bifurcation de la route de Chessenaz, entre les villages de Mons et de Frangy, une petite excavation montre un banc (0,40 m) de marne blanchâtre, grossière sableuse et graveleuse consolidée. Cette couche est déposée entre un calcaire lacustre noduleux non fossilifère de couleur claire à la base et la molasse sableuse également sans fossiles au sommet. La marne du banc médian a fourni à L. Doncieux [1933, p. 22] de rares *Cyrènes* et des *Potamides margaritaceus* BROCCHI. Raison pour laquelle ce savant fait débiter l'Aquitaniens par ce banc lagunaire.

Les échantillons que nous avons recueillis H. Vincienne et moi dans le même banc marneux, correspondent à une *Cyrena* d'espèce indéterminable et à un *Potamides* qui n'appartient pas à l'espèce signalée par L. Doncieux :

Potamides (*Pirenella*) *plicatus* BRUG. var. Ce *Potamides* (Pl. XXIII b, fig. 14, 15) présente un diamètre moyennement large et des tours bien convexes séparés par des sutures marquées. L'ornementation comprend 4 rangées de tubercules : la 1^{re} rangée, composée de granules espacés et petits, est désunie des 2 rangées médianes ; celles-ci sont rapprochées l'une de l'autre et constituées par de gros tubercules quadrangulaires assez serrés, qui s'ordonnent plus ou moins en côtes. La 4^e rangée est indiquée par un cordonnet à granules de plus petite taille.

Ce *Cerithidae* appartient au groupe du *Potamides* (*Pirenella*) *plicatus* BRUG. Ce n'est ni le *P. plicatus* BRUG. type de Foncaude (Hérault), dont les granules sont plus nombreux, plus petits et bien disposés en côtes, ni la var. *galeotti* NYST de Vieux-Jonc (Belgique). Il ne correspond pas non plus aux 4 rangées de granules très régulières du *P. moniliferum* d'Ormoy (S.-et-M.), dont les tubercules des trois premiers cordons s'alignent en côtes nettement espacées ; etc...

De toutes les figurations examinées, celle de F. Sandberger [1863, pl. IX, fig. 3 b] représentant la variété *galeotti* SANDB. (non NYST), est celle dont la disposition de l'ornementation se rapproche le mieux des échantillons de Mons. La variété de ce gisement ne semble pas avoir été nommée : elle peut correspondre à l'un des multiples intermédiaires entre la var. *galeotti* SANDB. (non NYST) et l'une des variétés ou des formes de passage de *Pot.* (*Pirenella*) *plicatus* BRUG. dont l'ornementation s'accroît depuis les niveaux stampiens jusqu'à ceux de l'Aquitaniens.

A l'exemple de G. F. Dollfus [1923, p. 199] pour l'Oligocène de la Limagne, convient-il de faire tomber en synonymie de *Cerithium* (*Pirenella*) *moniliferum* DEFR. in DESH., toutes les espèces et variétés de *Pot. plicatus* ? Évidemment, ce procédé a l'avantage de simplifier la nomenclature, et on considère comme sage de comprendre ainsi l'espèce au sens large. Mais dans le cas présent, agir de la sorte présente l'inconvénient de ne pas faire ressortir les caractères de l'ornementation en fonction des niveaux stratigraphiques : on se priverait ainsi des avantages d'un facteur évolutif ; d'autant plus que, d'après mes observations personnelles, les caractères spécifiques du groupe *Pot. plicatus* sont aussi sensibles que ceux des autres groupes de *Cerithidae*.

Potamides plicatus var. des Usses n'indique pas l'Aquitanién proposé par L. Doncieux ; ce fossile semble appartenir à une espèce du Stampien moyen ou de la base du Supérieur. Dès lors à la bifurcation de la route de Chessenaz, on ne devrait pas faire débiter l'Aquitanién avec le banc à *Potamides*, mais sans doute un peu au-dessus avec l'une des couches mollassiques sableuses qui malheureusement ne sont pas fossilifères.

Résultats stratigraphiques.

Les faunules identifiées dans le Jura méridional et la Haute-Savoie se répartissent entre les niveaux stratigraphiques suivants :

1^o Dans le Ludien supérieur, étage non encore signalé dans le Jura, se placent les calcaires marneux gris de Chézery (Ain), ainsi que ceux, également grisâtres de la ferme du Creux près de Lelex.

2^o Les calcaires lacustres blancs du Moulin des Moines à Lelex se rangent dans le Sannoisien, étage également inconnu dans cette région.

3^o On est conduit à rapporter au Stampien moyen ou à la base du supérieur : les calcaires lacustres de Droisy, les marnes blanchâtres et grossières graveleuses de la vallée des Usses, caractérisées par *Potamides plicatus* var., ainsi que les marnes noirâtres de la route de Mons, situées au-dessous du point coté 350 m.

4^o C'est probablement à l'extrême base du Stampien supérieur qu'il convient de placer les calcaires lacustres de Génissiat (bancs nos 4 et 6) en Haute-Savoie.

5^o Je pense que les calcaires bitumineux de Ruffieux (Savoie) et ceux de Coligny (Ain) doivent être classés dans le Stampien supérieur.

Modus vivendi des fossiles.

La reconstitution du milieu, dans lequel les Mollusques fossiles vécurent, permet de se représenter l'aspect primitif des gisements.

La réduction de la taille de presque toutes les coquilles est une observation générale à toutes les faunes examinées :

Durant le Ludien, *Planorbis* (*Hippeutis*) *sowerbyi* BRONN. et *Valvata* (*Concinna*) *circinata* MÉRIAN var. *jurana* nov. peuplaient à Chézery une petite mare vaseuse aux eaux tranquilles.

A la même époque, *Planorbis* (*Paraspira*) cf. *elegans* EDW. et *Limnaea* (*Stagnicola*) *orelongo* BOUBÉE var. *galesensis* FONT. recherchaient aux environs de Lelex, les eaux stagnantes, fangeuses et vaseuses d'un marais dont l'étendue était très limitée.

La mare, encore plus petite, et sans profondeur du Moulin des Moines à Lelex possédait dans un milieu calme et probablement d'eau pure, un tapis de plantes aquatiques couvertes de *Planorbis* (*Gyraulus*) *cordatus* SANDB. var. *vinciennei* nov. et de *Plan.* (*Paraspira*) *elegans* EDW. var. *minor* nov., tandis que de rares *Limnaea* (*Radix*) *briarensis* DESH. restaient attachées aux pierres du fond. Ce paysage datait du Sannoisien.

Avec le Stampien, la température se réchauffe : *Plebecula ramondi* BRONG. indique le climat des Açores, sans doute un peu moins chaud, puisque cet *Helix* est de petites dimensions ; cette remarque n'est pas démentie par la présence de *Cepaea rugulosa* VON MARTENS et de *Radix subbullata* SANDB. de Ruffieux (Savoie) du même âge et de taille également restreinte.

Les espèces lacustres stampiennes nous apportent d'autres renseignements. La superficie beaucoup plus vaste des lacs menageait des habitats variés à la population malacologique : les *Limnaea* (*Radix*) *inflata* BRONG., *R. pachygaster* THOMAE, *Stagnicola cornea* DESH. se plaisaient dans ces eaux douces ; *Planorbis* (*Coretus*) *cornu* BRONG. et *Stagnicola subpalustris* THOMAE affectionnaient les eaux stagnantes des anses calmes du littoral, alors que les colonies de *Gyraulus declivis* BRAUN non adultes foisonnaient dans les eaux tranquilles à l'abri des plantes aquatiques.

Toujours à la même époque, l'histoire des formations lacustres se complique par la présence des espèces laguno-lacustres : *Hydrobia* (*Touroueria*) *dubuissoni* BOUILLET à Coligny et *Potamides* (*Pirenella*) *plicatus* BRUG. var. dans la vallée des Usses (Haute-Savoie). A ces Gastéropodes s'ajoutent les Foraminifères, découverts par H. Vincienne [1938, p. 119] à Coligny, qui prouvent l'existence d'invasions marines durant le Stampien. L'association de ces Invertébrés a déjà été mentionnée dans les petits gisements lacustres bartoniens à l'W du bassin de Paris [Milon 1930 ; Dangeard, 1941], et dans ceux du Stampien de la Limagne [Dangeard, 1933]. De son côté, P. Marie m'a communiqué [Jodot, 1948] son

observation relative à un genre voisin des *Quinqueloculinae* qui peuple les eaux très dessalées de certains estuaires.

C'est sans doute à la suite des afflux temporaires mais non importants d'eaux salées dans les lacs que les Gastéropodes lacustres du Stampien du Jura méridional et de la Haute-Savoie doivent leur taille réduite. Les mêmes causes peuvent être invoquées pour expliquer la réduction de taille des Invertébrés rupéliens du chenal rhénan, signalés par S. Gillet [1954]. Par contre, l'inexistence des mers ludiennes et sannoisiennes au centre du Jura méridional et du Jura suisse, où la mer n'a jamais pénétré, n'ont pu agir sur la taille exiguë des coquilles de ces étages.

Remarques sur les causes qui influencèrent le développement normal des coquilles.

Si les faunes conchyliologiques étudiées ne représentent qu'une faible proportion des nombreuses formations continentales tertiaires de la chaîne du Jura et de la Haute-Savoie, l'examen des Mollusques précédents permet de dégager quelques remarques générales :

1^o En opposition avec le développement presque normal des fossiles continentaux du Stampien, les coquilles ludiennes de Chézery et de la ferme du Creux sont toutes de petite taille, observation qu'on doit rapprocher des Mollusques du Jura suisse ¹ de la même époque ; et bien plus, les exemplaires sannoisiens du Moulin des Moines à Lelex présentent des dimensions encore plus exiguës.

Ni le peu de diversité des espèces, ni le nombre infime des échantillons ne facilitent l'enquête sur l'origine de la petitesse des coquilles ; néanmoins, de façon à provoquer des recherches complémentaires, on examinera plusieurs causes qui ont été susceptibles d'influencer les dimensions de ces espèces. Dès à présent, plusieurs observations se présentent à l'esprit :

A) Les *conditions stratigraphiques* du dépôt lacustre des calcaires marneux gris de Chézery à *Valvata circinata* var. *jurana* (Ludien supérieur) nous échappent, puisque tous les débris de cette

1. Les espèces du Jura français ne sont pas les seules à posséder de petites dimensions, S. Gillet [1954] en a signalé en Alsace. Il en est de même de plusieurs coquilles oligocènes du Jura suisse, qui offrent des caractères analogues. C'est le cas des 2 espèces du lac Ter de la vallée de Joux : *Limnaea elongata* M. DE SERRES et *L. acuminata* BRONG., rapportées au Sannoisien par Maillard [1892], tandis que l'examen des figures donne l'impression de coquilles appartenant plutôt au Ludien. Des remarques malacologiques sur ces coquilles suisses seront publiées prochainement.

formation ont été repris dans la molasse oligocène ; de même, le gisement de calcaire lacustre sannoisien du Moulin des Moines à Lelex n'est connu que par les rares blocs disséminés sur la surface de quelques mètres carrés : ces deux gisements ne furent évidemment pas aussi réduits à l'origine. Comme ils se rencontrent dans le même synclinal, ainsi que d'autres lambeaux lacustres d'âge contemporain, on les considérera comme les vestiges de dépôts en chapelet et de faible épaisseur, dont il ne sera pas impossible de trouver ultérieurement de nouveaux affleurements.

B) La *situation topographique* et les *dimensions* de ces gisements *excluent* toute hypothèse, basée sur l'influence de grandes profondeurs dans les lacs (maximum 40 m au lac actuel de Saint-Point), que la taille réduite des Mollusques pouvait faire présumer.

C) Ces mêmes formations lacustres, ne dépassant pas actuellement une *altitude* voisine de 750 m environ, ne se déposèrent pas aux très grandes altitudes, qui entraînent d'habitude la réduction de taille des coquilles alpestres : ce ne sont pas des lacs de montagne. On en trouve la preuve dans les dimensions des Mollusques vivant de nos jours dans les lacs du Jura, qui sont de taille normale.

D) Pour les mêmes raisons, on ne peut chercher un rapprochement entre ces minuscules fossiles et l'existence, dans les lacs jurassiens actuels, de plantes vivantes spéciales et généralement naines (*Nymphaea*, Potamots) ; ce nanisme étant dû aux conditions de milieu ou à l'introduction d'espèces végétales de l'Europe boréale, transportées, d'après le botaniste Magnin, par les oiseaux aquatiques, car les lacs ne communiquent pas entre eux.

E) Ces petites coquilles fossiles n'ont pas subi l'influence locale d'une *température* très basse¹. Un tel régime météorologique n'aurait pu exister que si le Jura avait été une chaîne montagneuse très élevée pendant le Ludien et le Sannoisien : on ne peut invoquer aucun argument en faveur de cette supposition ; d'autre part, il est impossible d'admettre que le Jura durant l'Oligocène subissait une température très froide, car ce climat jurassien se trouverait en contradiction avec les conditions météorologiques qui influençaient aux époques contemporaines les régions voisines (bassin de Paris, vallée du Rhin, bassin du Rhône), pour

1. « Le climat actuel du Jura méridional est surtout continental avec des étés chauds et des automnes pluvieux ; les températures moyennes et les quantités de pluie y varient beaucoup suivant l'altitude et les circonstances locales. Les vallées et les plaines sont constamment refroidies par les vents venant des montagnes voisines. » (Ch. Flahault, 1901.)

lesquelles les organismes indiquent un climat tempéré légèrement chaud.

F) Pourquoi ne pas penser tout simplement que les Mollusques lacustres ludiens et sannoisiens du Jura peuplèrent des marécages, des mares ou de petits étangs, sans profondeur, relativement temporaires, et toujours de surface très réduite, dans lesquels les conditions de milieu ne se prêtaient pas à l'accroissement normal des coquilles¹. Ces dépressions restreintes s'opposent à l'étendue bien plus considérable des lacs de Brie, de Beauce, etc. dont les coquilles fossiles contemporaines possèdent des dimensions normales.

Résumé et conclusions générales.

Les dépôts lacustres tertiaires du Jura méridional s'échelonnent entre le Ludien et le Stampien supérieur. Plusieurs de ces formations occupèrent des cuvettes de faible superficie, qui s'opposent aux énormes lacs contemporains situés dans les plaines : lacs de Champigny, de la Brie, de la Beauce etc. A aucune de ces époques, on ne connaît de lacs de grande profondeur.

1° Les sédiments ludiens et sannoisiens se déposèrent dans des dépressions lacustres très exigües, séparées les unes des autres, et sans communication entre elles ; elles n'occupaient pas de hautes altitudes, car le relief montagneux actuel du Jura n'existait pas encore. Grâce à la plasticité du relief jurassien, ces mares s'installèrent au sein de la chaîne, au fond des ondulations synclinales étroites, peut-être aux points bas des abaissements d'axe, ou aux retenues accidentelles de barrages temporaires ; elles disposèrent de peu de surface pour accumuler leurs sédiments.

Les coquilles se ressentent de ces conditions physiques ; celles, qui peuplaient les mares ludiennes, sont de petites dimensions ; la taille des Mollusques sannoisiens se trouve encore plus réduite : ce sont des coquilles naines. Ainsi les raisons qui empêchèrent l'accroissement normal de la taille des coquilles, sont sans doute d'ordre paléobiologique lié aux questions de milieu.

Les étages ludien et sannoisien n'étaient pas connus dans le Jura français.

1. Parmi les Mollusques étudiés, aucun n'a le test mince ou fragile : donc, ni le sol, ni l'eau des lacs n'étaient siliceux. Les Gastéropodes terrestres trouvaient dans la région calcaire où ils séjournèrent, ainsi que les espèces d'eau douce dans les dépressions lacustres, le carbonate de chaux nécessaire pour consolider leur coquille. Pourquoi la nature chimique et physique de la vase, riche en matière organique due à la décomposition des feuilles sèches, n'aurait-elle pas influencé le développement des coquilles ; d'autant plus que les *excreta* des organismes, « facteur important de nanisme », concourent aussi par leur masse à la formation de la vase [Legendre, 1907].

2° L'étendue des formations stampiennes contraste avec l'allure des gisements précédents. Les lacs, qui disposèrent d'espaces plus importants, se divisèrent en deux groupes : *A*) les uns, peuplés de Gastéropodes de taille presque normale, occupaient deux régions distinctes : d'un côté, à Génissiat, Droisy près Seyssel, Pyrimont-Challonges et Ruffieux ; ils s'étalaient dans le chenal rhodanien qui borde le Jura méridional ; de l'autre côté de la chaîne, en Bresse, prélude oligocène des grands lacs bressans du Néogène, la présence d'un lac individualisé est signalée à hauteur de Lons-le-Saunier (Courlans) dans les sondages profonds. *B*) Le second groupe témoigne de l'existence d'afflux temporaires d'eau de mer dans les lacs. Ces nouvelles conditions biologiques laguno-lacustres gênèrent le développement régulier des Mollusques : *a*) Un long fjord, sans profondeur, déjà proposé par plusieurs géologues, d'abord laguno-marin et originaire du N de l'Allemagne, empruntait la vallée rhénane par le bassin de Mayence, la Haute-Alsace, la trouée de Belfort et Montbéliard, puis laguno-lacustre, il se rétrécissait le long de la lisière occidentale du Jura (Coligny) ; il devenait lacustre à Courlans. *b*) D'autres influences marines se faisaient sentir dans la vallée des Ussets (Haute-Savoie), venant des mers subalpines voisines.

Les Mollusques terrestres stampiens furent probablement gênés dans leur développement normal par des facteurs extérieurs du milieu, liés à la climatologie.

3° Dès la période Oligocène, l'emplacement actuel du Jura constituait une province biogéographique indépendante, dans laquelle les faunes malacologiques s'individualisèrent à plusieurs moments de son histoire géologique ; ces faunules étaient composées moins par des espèces spéciales de Mollusques, que par des variétés ou des races locales, comme le fait la faune vivante actuelle ¹.

BIBLIOGRAPHIE

- BAUMBERGER E. (1934). — Guide géologique de la Suisse, publié par la Soc. géol. Suisse à l'occasion de son Cinquantenaire, vol. I, p. 62, tabl.
- DANGEARD L. (1933). — Sur la présence de Foraminifères dans l'Oligocène du Massif Central. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 12-13.
- (1941). — Nouvelles observ. sur la feuille de Nogent-le-Rotrou au 80 000^e. *Bull. Serv. Carte géol. France*, t. XLIII, n° 211, p. 33.

1. Les Mollusques, vivant actuellement dans la chaîne du Jura, comportent peu d'espèces spéciales, sauf quelques coquilles émigrées de l'Europe centrale au Quaternaire, mais surtout un certain nombre de variétés, formes ou races, qui sont souvent localisées à des stations très limitées : il en est de même pendant le Tertiaire.

- DEPÉRET Ch. et DOUXAMI H. (1902). — Les Vertébrés oligocènes de Pyrimont-Challonges (Savoie). *Mém. Soc. paléont. suisse*, vol. XXIX, 91 p., 6 pl.
- DOLLFUS G. F. (1921). — Étude paléontologique des marnes oligocènes de Thevalles près Laval (Mayenne). *Bull. Soc. géol. et min. Bretagne*, t. 11, p. 75-95.
- (1909). — Essai sur l'âge Aquitaniien. *Bull. Serv. Carte géol. France*, t. XIX, n° 124, p. 468.
- (1923) in DE LAUNAY. *Ibid.*, t. XXVI, n° 147, 1922-23, p. 171.
- DONCIEUX L. (1932). — L'Oligocène de la vallée du Rhône et de la région des Usses (Haute-Savoie). *C. R. somm. S. G. F.*, p. 22-23.
- EDWARDS et WOODS (1877). — Eocene Moll. Suppl., *Paleont. Soc.*, p. 341, pl. I, fig. 10.
- FONTANNES F. (1884). — Description somm. faune malacologique formations saumâtres et d'eau douce du groupe d'Aix... Lyon, 60 p., 7 pl.
- GIGNOUX M. et HOFFMANN C. (1920). — Le bassin pétrolifère de Pechelbronn (Alsace). *Bull. Serv. Carte géol. Als.-Lorr.*, t. I, fasc. 1.
- GIGNOUX M. et MORET L. (1939). — L'Oligocène du Bassin du Rhône entre Genève et Seyssel. (1938). *Les Études rhodaniennes. Rev. Géograph. régionale, Congr. du Rhône*, p. 139-144.
- GILLET S. (1940). — Nouvelles données sur la faune oligocène de Pechelbronn. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 118-120.
- (1944). — La faune oligocène de Pechelbronn. *B. S. G. F.*, (5), XIV, p. 233-246.
- (1951). — Les marnes à Cyrènes des env. de Strasbourg. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 187-189.
- (1954). — Étude sur l'Oligocène sup. de l'Alsace. *B. S. G. F.*, (6), IV, p. 25-30.
- JODOT P. (1942). — Sur le bassin lacustre (Ludien) de Chatillon-sur-Indre (Indre). *C. R. somm. S. G. F.*, p. 174-175.
- (1945). — Les Mollusques du Ludien continental de la Montagne de Reims. *Ibid.*, p. 99-100.
- (1949). — Rôle de *Helix ramondi* dans la classification du Stampien du Bassin de Paris et de la Limagne. *Ibid.*, p. 65-67.
- JODOT P. et LAVOCAT R. (1948). — Observations sur l'âge des dépôts de la Limagne de Brioude et sur un gisement nouveau d'Invertébrés dans le Bassin de l'Alagnon (Cantal). *Bull. Soc. Hist. nat. Auvergne*, p. 86-90.
- JOOSS Ch. (1912). — Alttertiäre Land- und Süßwasserschnecken aus dem Ries. *Jahresb. Ver. Vaterl. Naturkunde Württemberg*, p. 68, p. 166.
- LEGENDRE R. (1907). — Sur un facteur important de nanisme expérimental : les *excreta*. *A. F. A. S.*, Congr. Reims, p. 607-610.
- MAILLARD G. et LOCARD A. (1892-1893). — Mollusques lacustres et fluviaux tertiaires de la Suisse. *Mém. Soc. paléont. suisse*, vol. XVIII, p. 1-127, pl. I-VII, XIX, p. 128-275, pl. VIII-XII.
- MILON Y. (1930). — Sur la présence de calcaires à Globigérines dans le Bartonien de la Sarthe. *C. R. Ac. Sc.*, t. 190, p. 1435.
- NOULET J. B. (1868). — Mém. Coq. foss du SW de la France, Toulouse, 2^e éd., p. 171.
- ROLIER L. (1911). — Troisième suppl. *Mém. Serv. Carte géol. Suisse*, t. 25, p. 49.

- SANDBERGER F. (1863). — Die Conchylien des Mainzer Tertiär-Beckens Wiesbaden (1858-1863). 458 p., 35 pl.
- (1870-75). — Die Land- und Süsswasser Conchylien der Vorwelt. 1000 p., pl. I-XXXIX.
- STEHLIN H. G. (1934). — Guide géol. de la Suisse, publié par la Soc. Géol. Suisse à l'occasion de son Cinquantenaire, vol. I, p. 69.
- VARIGNY H. DE (1894). — Recherches sur le nanisme expérimental. Contrib. à l'étude de l'influence du milieu sur les organismes. *Journ. Anatomie et Physiologie*, t. XXX.
- VINCIENNE H. (1938). — Découverte de Foraminifères non remaniés dans le calcaire lacustre oligocène de Coligny (Ain). *C. R. somm. S. G. F.*, p. 119.
- (1954). — Découverte du Ludien et du Sannoisien lacustres dans la vallée de la Valserine. *Ibid.*, p. 342.
- VIRET et HARZELER J. (1937). — Sur l'âge de la faune de Mammifères de Pymont-Challonges. *B. S. G. F.* (5), VII, p. 129-140.
- WENZ W. (1923-50). — Fossilium Catalogus : IV. Gastropoda extramarina tertiaria.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XXIII b.

- FIG. 1. — *Planorbis (Hippeutis) cf. sowerbyi* BRONN ($\times 5$). Calcaire lacustre marneux de Chézery (Ain). Ludien supérieur.
- Le dernier tour de cet échantillon possède une déformation gibbeuse près de l'ouverture.
- a : dessus ; b : côté montrant l'ouverture ; c : dessous.
- FIG. 2. — *Planorbis (Paraspira) elegans* EDWARDS var. *minor* nov. var. ($\times 4$). Calcaire lacustre du Moulin des Moines à Lelex (Ain). Sannoisien.
- Les premiers tours manquent.
- a : dessus ; b : côté avec l'ouverture ; c : dessous.
- FIG. 3-4. — *Planorbis (Gyraulus) cordatus* SANDB. var. *vinciennei* nov. var. ($\times 5$).
- a : dessus ; b : côté de l'ouverture ; c : dessous.
- FIG. 5-6. — *Valvata (Concinna) circinata* MÉRIAN var. *jurana* nov. var. ($\times 4$). Calcaire lacustre marneux de Chézery (Ain). Ludien supérieur.
- a : côté de l'ouverture ; b : dessus.
- FIG. 7. — *Limnaea (Radix) inflata* BRONG. ($\times 1$). Calcaire lacustre brunâtre de Droisy près Seyssel (Hte-Savoie). Stampien supérieur. Côté de l'ouverture privé de la base.
- FIG. 8-9. — *Limnaea (Stagnicola) orelongo* BOUBÉE var. *galesensis* FONT. ($\times 1$). Calcaire lacustre au N de la ferme du Creux, commune de Lelex (Ain). Ludien.
- 8 a : côté de l'ouverture ; 8 b : vue arrière ; 9 : contre-moulage en terre de la face arrière dont la base manque.
- FIG. 10-11. — *Limnaea (Stagnicola) subpalustris* THOMAE ($\times 1$). Calcaire lacustre de Droisy près de Seyssel (Hte-Savoie). Stampien supérieur.
- Échantillons incomplets.
- 10 a, 11 a : côté de l'ouverture ; 10 b : côté montrant l'inclinaison de l'ouverture ; 11 b : vue arrière.

FIG. 12-13. — *Helix (Plebecula) cf. ramondi* BRONG. race *minor* nov. ($\times 1$). Calcaire lacustre (banc n° 4) en face de Génissiat (Hte-Savoie). Stampien supérieur.

12 : contre-moulage en terre montrant l'inclinaison de l'ouverture, dernier tour ébréché sur le bord inférieur; 13 a : vue dessus d'un contre-moulage; 13 b : vue de l'ouverture prise de 3/4.

FIG. 14-15. — *Potamides (Pirenella) plicatus* BRUG. var. ($\times 1$). Marne blanchâtre sableuse et graveleuse à ciment calcaire entre Mons et Frangy (Hte-Savoie). Stampien.

14 : échantillon encastré dans la roche; 15 : contre-moulage en terre.

Annexe.

COUPE DE L'OLIGOCÈNE DE GÉNISSIAT

PAR **Henri Vincienne.**

La coupe du Tertiaire de Génissiat, obtenue en raccordant plusieurs coupes partielles de la rive gauche du Rhône, mises à jour par les travaux de reconnaissance du barrage, s'établit de haut en bas de la façon suivante :

10. *Mollasse marine* du Burdigalien supérieur de Saint-Germain
9. *Mollasse grise*
8. *Marnes panachées* rouges et vertes { env. 30 m
7. *Sables et marnes sableuses*, micacés, verts, parfois vert bleuté, avec *intercalations gréseuses*, dont une à petits galets d'Urgonien à 5 m de la base env. 10 m
6. *Calcaire lacustre fossilifère*, divisé en 2 gros bancs par un niveau de marnes calcaires, un peu sableuses, verdâtres, très noduleuses : le banc supérieur, plus calcaire, est tantôt clair, tantôt foncé ; le banc inférieur, plus marneux, est gris verdâtre ; l'ensemble, visible le long de la voie ferrée du niveau 350 env. 3 m
5. *Marnes sableuses micacées*, alternant avec de minces bancs de *grès calcaire* et renfermant 2 petits niveaux de *calcaire lacustre* (l'un vers le sommet, l'autre à 1-1,5 m de la base) env. 10 m
4. *Calcaire lacustre*, divisé en 2 assises — la supérieure *fossilifère* — par un banc grés-marneux vert, qui peut atteindre jusqu'à 2 et 3 m ; l'assise supérieure est puissante d'env. 5 m, l'autre de 2 m ; c'est cet ensemble qui supportait le télécharge amont env. 8-9 m
3. *Marnes panachées* vertes et jaunes, un peu sableuses env. 10 m
2. *Sables blancs et verdâtres*, fins, siliceux, un peu calcaires, faiblement consolidés par places et passant même localement à un calcaire marno-gréseux gris, graveleux, à galets de calcaire lacustre et de calcaire urgonien ; des galets des mêmes calcaires sont soit disséminés dans la formation, soit intercalés en minces lits de poudingues (au moins 3) ; à 2 ou 3 m de la base, lit de petits cailloux de silex de la craie, plus ou moins roulés, parfois brisés, blancs et poreux par altération. La glauconie est abondante à

plusieurs niveaux, le mica rare. Les sables ravinant l'Urgonien ont de ce fait une puissance irrégulière de 10 à 20 m

1. *Conglomérat polygénique* à éléments assez mal roulés, de taille variable, cimentés par un calcaire marneux lacustre et associés à de petits lits marno-sableux jaunâtres ou verdâtres. Il manque localement. Les éléments consistent en : calcaire urgonien, calcaire lacustre, calcaire conglomératique continental à graviers de calcaires urgonien et lacustre

0 à 1,50 m

Calcaire urgonien.

Ni l'Albien, ni l'Aptien ne semblent exister en ce point.

P. Jodot ayant déterminé, dans le niveau calcaire inférieur (n° 4 de la coupe) : *Helix (Plebecula) cf. ramondi* BRONG. race *minor nov.*, *Planorbis (Coretus) cornu* BRONG.,

et, dans le niveau calcaire supérieur (n° 6 de la coupe) : *Chara sp.*, *Limnaea (Radix) pachygaster* THOMAS, *Planorbis (Gyraulus) declivis* BRAUN,

qui indiquent selon lui la base du Stampien supérieur, on peut rapporter vraisemblablement tous les niveaux 1 à 7 au Stampien (une soixantaine de mètres au total) et 8 et 9 à l'Aquitaniien (une trentaine de mètres). Il ne semble pas y avoir ici de Sannoisien, ni de Ludien, connus en plusieurs points de la vallée de la Valsérine ; mais les galets de calcaires lacustres remaniés du conglomérat de base pourraient être empruntés à ces niveaux inférieurs.

RECHERCHES DE GÉOLOGIE SOUS-MARINE PROFONDE

PAR Jacques Bourcart ¹.

Sommaire. — Au cours des dix dernières années, la géologie sous-marine des mers profondes a fait d'extraordinaires progrès : levé des principales structures de l'Océan Atlantique nord par le *Lamont geological Observatory* (crête médio-atlantique, topographie des bassins, découverte des « chenaux » médio-atlantiques) ; cartographie et prise d'échantillons dans le Pacifique (guyots, crête hawaïenne, grands décrochements) ; enfin les résultats de la campagne suédoise de l'« Albatross » (H. Pettersson).

Les conséquences géologiques de ces découvertes sont examinées dans une première partie. Dans la seconde, l'auteur montre quel a été, pendant ce temps, l'apport des campagnes françaises de l'« Elie Monnier » et de la « Calypso » sur le Plateau continental français et dans la région continentale submergée corso-ligure. Une carte du socle continental algérien due à M. A. Rosfelder est présentée.

Les recherches de géologie sous-marine s'attachent à deux domaines différents : la *frange liminaire* où se produisent les interactions entre la mer et le continent et l'*océan profond* du large.

Les limites de la première dépassent un peu, vers le bas, celles du « prisme littoral », sans cesse en mouvement. Vers le haut, les brusques invasions des bas-pays par les marées exceptionnelles, les « ondes de tempête » ² et les tsounamis, comme le transport éolien des sédiments marins, reportent cette limite un peu plus à l'intérieur des terres. L'intérêt d'une bonne connaissance des phénomènes qui jouent sur les « frontières de l'océan » n'est pas seulement théorique, il prend un grand intérêt pratique, par suite de la nécessité de défendre le continent contre les démolitions, de plus en plus importantes ces dernières années, semble-t-il, qu'y provoque la mer.

Mais dans cette zone liminaire, nous sommes en pays déjà familier aux géologues. Les méthodes n'y sont pas très différentes de celles de la Géologie continentale.

Il n'en est pas de même des recherches en haute mer : *Deep sea research* ³. Tout y est neuf, méthodes et résultats. Non seulement le volume que j'ai publié sur ce sujet en 1947, mais même les deux traités beaucoup plus récents et naturellement beaucoup mieux documentés de Francis P. Shepard [1948] et de Philip Kuenen

1. Note présentée à la séance du 29 novembre 1954.

2. Analogues à celles qui ont ravagé en 1953 les côtes des Pays Bas et de l'Angleterre.

3. C'est le nom d'une nouvelle *Revue* internationale.

[1950], sont déjà bien vieillis. Les méthodes et l'instrumentation des sondages, aussi bien que celles du point à la mer ou des récoltes d'échantillons (carottes) se transforment avec une extraordinaire rapidité.

Les apports de cette jeune science concernent d'abord — et cela est primordial — la *morphologie sous-marine*. Mais, en outre, la récolte de quelques échantillons de roches, encore bien rares, bouleversent pourtant déjà les savantes extrapolations des tectoniciens ou des paléogéographes. Enfin, la réalisation par Kuelenberg d'un carottier capable de récolter 20 m, demain 50 m, de la série des vases sous-marines, la découverte de méthodes de mesures directes du temps par le dosage de l'ionium, du radiocarbone, et celle, plus contestée, de la mesure du taux de sédimentation en fonction de la teneur en titane (G. Arrhenius), l'enregistrement de la température de surface par le radio-oxygène du calcaire des carapaces d'êtres vivants, vont nous permettre de déchiffrer les archives *sans lacunes* de l'histoire de notre planète qui sont conservées sous la mer.

C'est le grand mérite de Hans Pettersson, incomparable chef de mission, d'avoir donné l'impulsion à cet ordre de recherches par le voyage circum-terrestre de l'« Albatross ».

Le sondeur à ultra-sons s'est profondément transformé. L'ancien équipement ne permettait pas de lever en dessous de 4 000 m avec quelques détails ou quelque précision. La réalisation des sondeurs Hughes (celui qu'a utilisé Pettersson) et de l'Edo américain, dont la « Calypso » possède un exemplaire spécialement construit pour elle, permet de lever à n'importe quelle profondeur, avec une précision théorique de ± 30 cm, pourvu que soient connues les variations de la température et de la salinité. Des coupes précises, ainsi obtenues, perdent beaucoup d'intérêt si elles ne sont pas exactement localisées sur la sphère terrestre. Le perfectionnement de la mesure des distances par le son dans le chenal de vitesse minima, associé à la radio (SOFAR), la détermination du point par les réseaux hyperboliques de type DECCA ou, en vue des côtes, par relevé azimuth-distance au radar, ont à peu près résolu le problème.

Océan Atlantique.

L'équipe du « Lamont geological Observatory » de New York nous donne une toute nouvelle carte de la moitié nord de l'Atlantique.

De part et d'autre de la Grande Dorsale, connue depuis le

« Challenger », se trouvent deux grands bassins, peut-être divisés eux-mêmes en plusieurs cuvettes. Leur fond est plat, par suite d'un remplissage de plus de 3 000 m de vase molle. Celle-ci est, non seulement d'origine pélagique (argile rouge), mais aussi en partie néritique ou même continentale : des produits sableux étant amenés dans ces grandes profondeurs vraisemblablement par des courants de turbidité.

Des cônes ou de larges ondulations de matériel volcanique rompent l'uniformité de ces plaines, par exemple l'ondulation qui porte les Bermudes, ou les pics sous-marins du Muir et du Caryn. Ces édifices volcaniques joueront un beaucoup plus grand rôle dans le Pacifique.

Le *socle continental*, d'abord très plat, puis à pente relativement rapide (« glacis continental » autrefois appelé « talus »), se poursuit vers ces plaines abyssales avec une plus faible pente (*Continental rise*) au-delà de 2 500 brasses. La forme de cette partie du socle continental est assez complexe : des fosses comme celles du Blake, des cônes peut-être volcaniques, l'accidentent. Les deltas terminaux des cañons sous-marins l'atteignent.

Ivan Tolstoy nous a donné une bonne idée de la structure de la Grande Dorsale qui sépare le bassin américain du bassin eurafricain. La *zone des collines*, équivalent probable de la *Continental rise*, surgit de la plaine abyssale. Après un accident, qui rappelle une faille, la *zone des terrasses*, moins profonde, lui fait suite ; d'importantes accumulations sédimentaires semblent s'y être faites ; enfin la *zone montagneuse centrale* est la partie la plus élevée, c'est elle qui émerge aux Açores. Dans cette dernière zone, ses levés semblent déceler une structure transversale, appalachienne. La disposition est la même sur le versant du bassin eurafricain. Le glacis du continent et celui de la chaîne centrale étaient bordés, dès l'Éocène supérieur, d'une mer profonde, recouvrant probablement la dorsale ; mais à certaines époques celle-ci a pu émerger (Pigott).

Le plus étrange trait, récemment découvert, de la morphologie du bassin américain, est l'existence à 4 300 brasses d'un *chenal* profond qui, notamment, traverse le seuil de Terre-Neuve dans une gorge étroite. On y a carotté, à cette profondeur où normalement ne se déposent que des argiles rouges, des sédiments sableux, d'origine peu profonde.

La rive occidentale du chenal est légèrement plus élevée que sa rive orientale, en sorte qu'il fait actuellement barrière pour les écoulements de turbidité des cañons sous-marins du socle continental.

Ce chenal semble résulter de la confluence de deux chenaux dont l'un se trouve au milieu du détroit qui sépare le Labrador du Groenland, l'autre entre ce continent et l'Islande. Les auteurs new-yorkais attribuent encore le creusement de ce chenal à des courants de turbidité qui seraient, suivant Maurice Ewing et ses collaborateurs, responsables des ruptures successives mais très rapides des câbles transatlantiques lors du dernier tremblement de terre du Grand Banc.

Une structure continentale est décelable donc très bas, jusqu'à 2 500 brasses ; la Dorsale offre aussi des traits continentaux. Seules, des serpentines et des péridotites y ont encore été draguées, mais les sables profonds, jadis récoltés à son pied par le « Gauss » et la « Valdivia », récemment par Pettersson, évoquent des gneiss. Le fond des grands bassins, où se sont accumulés tant de sédiments, semble, en revanche, plutôt lavique. L'abondance des édifices volcaniques rend vraisemblable cette hypothèse qui ne sera jamais directement vérifiée. La concavité des bassins, comme celle des fosses méditerranéennes, a dû s'accroître au cours de l'histoire géologique. Rappelons que l'Oligocène est à 3 000 m de profondeur sur le glaciaire à la sortie de la Manche. Cette disposition évoque plutôt une contraction avec fusion progressive du fond des bassins et peut-être des périodes de distension, qu'une dérive comme le voulait Wegener.

Océan Pacifique.

L'Océan Pacifique du Nord est le domaine des recherches des laboratoires californiens de La Jolla et de San Diego. Il nous offre une image diamétralement opposée à celle de l'Atlantique.

À l'intérieur des classiques guirlandes et avant-fosses, son fond se montre accidenté de larges ondulations, dont l'allongement est toujours W-E, en totale discordance avec le bâti continental. Ces grandes ondulations (*swell*) sont hérissées de cônes volcaniques très élevés qui parfois émergent et font de la Dorsale hawaïenne, la chaîne la plus élevée du monde (plus de 11 000 m). Les autres ondulations, comme les *Mid Pacific mountains*, sont parallèles, comme les dorsales qui portent les atolls. Des grands escarpements, comme celui de Mendocino, combinent à la fois l'aspect de failles avec celui de crêtes. Cet accident sépare une partie méridionale profonde, à fond certainement *simique*, du Pacifique Nord, d'une partie septentrionale beaucoup moins profonde et formée d'une roche probablement intermédiaire avec celles du Continent.

Dans cette partie de l'océan qui va jusqu'à l'Alaska, la caractéristique est la pullulation des cônes aigus ou tronqués (les fameux guyots), volcans qui ont d'abord été subaériens, puis décapités par le ressac qui y a laissé des galets, enfin, entraînés ensuite dans les profondeurs par la subsidence jusqu'au fond par exemple de l'avant-fosse aléoutienne. Cet enfoncement ne date pas du Précambrien, comme le supposait leur découvreur H. H. Hess, mais du Néocrétacé ; Hamilton y a dragué des Rudistes et d'autres fossiles néritiques. Si l'on admettait la contemporanéité de la troncature des guyots — et cela peut être vérifié — une carte en courbes d'égale profondeur de cette troncature permettrait de mesurer la subsidence tertiaire et quaternaire de l'océan.

Du point de vue sédimentaire, il semble qu'il y ait le même contraste entre les deux océans : aux puissances extraordinaires de la vase molle des bassins atlantiques (et méditerranéens) s'oppose, dans le Pacifique, la proximité de fonds durs, où se brisent parfois les carottiers, vraisemblablement dus à d'immenses épanchements de lave.

L'Océan Indien, bien plus mal connu, semble avoir une moitié pacifique à l'E, une moitié atlantique à l'W.

*
* *

Qu'avons-nous à mettre en regard de ce prodigieux développement de l'océanographie américaine et même scandinave ? La France, patrie de Marsilli et d'Aimé, fondateurs de cette science, semble s'être satisfaite de la création, à la fin du xix^e siècle, du centre mondial de l'océanographie par le Prince de Monaco. De notre point de vue, il semble que la brouille survenue entre le Prince Albert et Thoulet ait fait rayer toutes recherches de géologie sous-marine des programmes de l'Institut océanographique. Charcot, sur les conseils de Paul Lemoine, inaugure en France ce genre de travaux, au moins dans la Manche, avec notre confrère Louis Dangeard. Mais au moment où se développe le sondeur à ultra-sons, invention française, le « Pourquoi-pas ? » a sombré, les yachts de Monaco sont désarmés et le seul « Président-Théodore-Tissier » consacre quelque temps, au milieu d'autres tâches absorbantes, à la géologie et à la morphologie sous-marines.

La mise au point du sondage sonore avait pourtant conduit son inventeur Marti, à effectuer de nombreux sondages sur le Plateau continental méditerranéen ; il avait déjà pu tracer une carte des cañons qui l'accidentent, mais elle était restée rigoureusement

secrète. Ce sont nos recherches de 1947 qui ont permis sa divulgation.

1942, la plus belle flotte de la France disparaît en rade de Toulon... et avec elle tous nos espoirs.

Mais après la Libération, sous l'impulsion du ministre, Louis Jacquinot, les études reprennent, d'abord au hasard de missions de dragueurs, de chasseurs ou d'escorteurs, puis d'une façon continue avec un petit aviso de scaphandriers ex-allemand, l'« Albatross » devenu l'« Ingénieur-Elie-Monnier ». Celui-ci consacre presque toutes ses sorties au perfectionnement des techniques de la plongée sous-marine, mais il est aussi muni d'un sondeur N. J. 3, bientôt d'un montage A. S. D. I. C. vertical dû à son Commandant J. Y. Cousteau, d'un treuil de dragage et d'un treuil Bergen Nautik pour les carottages, aujourd'hui d'une tourelle d'observation Galeazzi. A l'occasion du congrès d'Alger, j'ai donné une synthèse des résultats obtenus jusqu'en 1952. L'acquisition par Cousteau d'un ancien dragueur de mines, devenu la « Calypso », qu'il équipe au point qu'elle égale, comme instrument de travail, l'Atlantis, nous permet maintenant de lever hors de vue du littoral. Si ce bâtiment de recherches, aujourd'hui affrété par le C. N. R. S., peut y consacrer suffisamment de temps, nous pourrions dans cinq ans donner une carte du bassin occidental de la Méditerranée, en liant nos recherches à celles de mon camarade Rosfelder, dont je présente la belle carte du socle continental algérien et à celles d'Aldo Segre en mer Tyrrhénienne.

Voici ce que nous pouvons en dire aujourd'hui.

Le socle continental, du cap Creus au cap Couronne, de la frontière espagnole à Marseille, est d'abord un vrai *plateau* plat, par suite de son recouvrement par une dalle quaternaire. Il plonge ensuite par un glacis convexe sous les vases de la plaine profonde. L'ensemble qui constitue le socle est partout, même sur le littoral de la Catalogne, incisé de profonds cañons, en général sans affluents et descendant la pente générale. Du point de vue géologique, c'est un demi-synclinal miocène et pliocène, sous lequel les couches tertiaires et secondaires sont vraisemblablement épaisses. Les cañons, comme d'ailleurs les vallées fluviales du continent, ont été creusés à l'air libre à la fin du Miocène (Pontien des auteurs). Ils débouchaient dans une mer étroite, mais certainement profonde, peut-être sursalée ou saumâtre, ce qui n'est nullement démontré, des communications avec l'Atlantique pouvant se faire par le détroit sud-rifain. Plus ou moins comblés par les vases de la transgression plaisancienne, les cañons ont été recreusés au Villafranchien et au Quaternaire moyen. La mer, à

mon avis postglaciaire, avec la faune à *Cyprina islandica*, les a finalement submergés.

Du cap Couronne à Cannes, le socle continental est fait d'un matériel hercynien : massif des Maures très étendu, avec vraisemblablement un noyau précambrien, au large de Saint-Tropez, de granite très écrasé. Des fragments de plateau subsistent encore, mais le plus souvent la mer recouvre un paysage de montagnes, très découpé par de profondes et larges vallées à nombreux affluents. Celles-ci ne sont plus uniquement radiales, mais souvent parallèles à la côte (rivière des Stoechades entre les îles d'Hyères et le continent), ou traversent, après un coude brusque, une surélévation W-E, *en gorge épigénique* (rivière de Saint-Tropez). On a beaucoup discuté sur l'origine des cañons, mais celle du relief inter-fluvial est plus passionnante. Ce sont d'étroites crêtes dentelées, avec de vrais pics, comme celui du Nioulargo devant Saint-Tropez, et des coulées de blocs. Ce socle hercynien s'abaisse à Cannes, où il est dominé par une cuesta jurassique, encore visible en face de fonds de 2 000 m. Le pays jurassique d'Antibes plonge lui aussi brusquement sous la baie des Anges, formée de deux grands cirques concaves, vraisemblablement creusés dans le Plaisancien. Ce pays bute à nouveau contre le Jurassique du cap Ferrat, par une faille N-S, décelable aussi jusque dans les grands fonds (2 000 m).

Le pays entre le cap Ferrat et Gênes est de structure géologique assez variée : l'Éocène et l'Oligocène y jouent un rôle certainement important ainsi qu'une grande masse de tufs volcaniques sous-marins pré-plaisanciens qui affleurent d'ailleurs sur la côte du cap d'Ail, dans la vallée du Var, à Biot et à Antibes).

Dans la partie orientale du golfe de Gênes, le glacis qui fait suite au Plateau continental s'écarte de plus en plus de la côte jusqu'à devenir N-S. Il limite, à l'W, un « pays continental submergé » qui joint la Ligurie à la Corse. Sur cette face occidentale, il domine abruptement la plaine abyssale. Il est entièrement découpé par des vallées qui isolent parfois des pics aigus comme celui qui est exactement à mi-chemin entre l'Italie et le cap Corse et culmine à — 161 m. Le relief de l'abrupt, plus ou moins envasé, est encore visible à 2 600 m. Sur la pente, le sable à Foraminifères et Ptéropodes est plus fréquent que la vase. Il semble que les sommets soient nus, faits d'un calcaire à Foraminifères probablement pliocène : ils sont recouverts de Coraux branchus morts, patinés de noir, sur lesquels se fixent des Brachiopodes vivants.

Tout ce qui est à l'E du golfe de Gênes et de la Corse semble façonné dans ce pays continental. Un grand synclinal N-S, le

canal de Corse, le sépare de la dorsale Gorgone-Capraja-Pianosa (l'île miocène plate)-Monte-Cristo-Africa traversée par les cañons de la côte toscane (Aldo Segre).

L'abrupt liminaire occidental se soude au cap Corse. Le dernier cañon qui le découpe, au N du haut fond de Centuri, annonce les grandes vallées sous-marines de la Corse : celle de Saint-Florent, encore en gorge à 2 160 m, qui se réunit probablement à celle d'Ile Rousse, celle de Porto et celle d'Ajaccio. Ces vallées sous-marines ont récemment donné lieu à un brillant exposé de Ph. Kuenen. Celui-ci leur reconnaît, et à elles seules, une origine fluviale, mais il raisonne sur une carte empruntée à Shepard, que celui-ci dit prise aux Allemands, mais qui n'est que la reproduction du 200 000^e français. La rivière d'Ajaccio a été depuis partiellement levée par le Service hydrographique, celle de Saint-Florent par notre mission sur la « Calypso ». L'une et l'autre se terminent beaucoup plus bas que celle de Toulon, vraisemblablement dans les fonds de 2 600 m.

La côte algérienne, sur la carte d'André Rosfelder, présente l'image d'une zone encore plus déformée. La pente de la flexure est encore plus rapide qu'en Corse occidentale. Le socle continental, très étroit, semble découpé en touches de piano par des failles radiales souvent suivies par des cañons. Chaque compartiment semble avoir joué isolément. L'exemple le plus curieux de cette indépendance est le contraste entre le socle oranais, profondément déformé et celui du Maroc oriental, beaucoup moins profond et accidenté de reliefs volcaniques.

Les recherches de Weibull commencées sur le « Skagerak » et poursuivies avec nous sur l'« Elie Monnier », ont montré que le remplissage par des vases molles, de la fosse tyrrhénienne, a une puissance d'au moins 2 000 m. Il semble en partie alimenté par des courants de turbidité dont les exemples certains se multiplient. Il en est probablement de même de celui du bassin occidental, occupé par la mer au moins depuis le Miocène. Il s'enfonce sans cesse, depuis cette époque, malgré l'importance de la surrection continentale rhodanienne ou villafranchienne. Une liaison entre les Baléares et le continent corso-ligure paraît impossible dès le Miocène.

LE QUATERNAIRE MARIN DU CAP CORSE

PAR **François Ottmann** ¹.

Sommaire. — Présence de part et d'autre du cap Corse de deux beaux gisements de Quaternaire marin, avec une faune abondante caractéristique du « Tyrrhénien ».

J'ai revu cet été les côtes du cap Corse. Celles-ci présentent, outre quelques lambeaux épars et peu significatifs, deux beaux gisements bien développés, fossilifères et datés.

Sur la côte occidentale, le premier est situé sur le flanc est du golfe de Saint-Florent, à 200 m au N du ruisseau de Ficajolo. Le second, sur la côte orientale, est un peu au N de Macinaggio vers la pointe de la Coscia.

I. COTE OCCIDENTALE DU CAP CORSE : GOLFE DE SAINT-FLORENT.
— Ce gisement signalé par D. Hollande dès 1878 ² a été cité ensuite à l'appui du « niveau eustatique de + 10 m » par Denizot en 1951 ³.

Il s'étend sur quelques centaines de mètres, en bord de mer, et forme une petite falaise d'une dizaine de mètres de haut. Il repose presque horizontalement ($< 5^\circ$) sur les calcaires miocènes plus inclinés (15 à 20°). On observe la coupe suivante à partir des calcaires miocènes.

1) Localement : un niveau de *vases grises* avec débris végétaux (Posidonies ?) et des galets de porphyre rouge et granite venant du centre de l'île, sans doute empruntés comme tous ceux de la plage actuelle au poudingue de Fortino (Miocène, supérieur). Ailleurs, le contact est marqué par des venues très minces (ou des petites poches) d'un limon argileux rouge.

2) *Un ensemble sablo-gréseux* où l'on distingue :

a) à la base : une *plage marine*, formée de bancs de grès grossiers assez mal consolidés, alternant avec des zones de sable gris coquilliers qui ont donné une très belle faune, caractérisée par l'abondance des *Patella ferruginea*;

b) à la partie supérieure : la *dune fossile*, à laquelle on passe de façon insensible, comme c'est souvent le cas dans ce type de gisement, avec sa stratification entrecroisée typique et sa belle coloration jaune orange foncée.

1. Note présentée à la séance du 29 novembre 1954.

2. HOLLANDE D. (1878). Géologie de la Corse. Thèse, Paris, Masson.

3. DENIZOT G. (1951). Les anciens rivages de la Méditerranée française. *Bull. Inst. océanogr.*, n° 992.

Parfois cette dune recouvre directement le calcaire miocène jusqu'à l'altitude de 20 m environ. Dans la partie sud du gisement, elle est restée meuble et fait l'objet d'une très petite exploitation pour le sable, où l'on trouve quelques fragments de coquilles roulées.

Par endroits, mais très localement, un mince placage de limon sableux rouge, sépare la plage de la dune, peut-être par infiltration (?).

3) Au-dessus de ces dunes qui, tronquées par la mer actuelle, forment une petite terrasse morphologique vers 10 m, et accrochés sur le calcaire miocène, on trouve des *limons rouges continentaux* avec quelques cailloutis de porphyres rouges, étrangers à la région, provenant sans doute, eux aussi, du poudingue de Fortino.

Ce gisement se prolonge sous la mer, où j'ai pu observer en scaphandre autonome des dalles de grès grossiers à assez gros éléments plutôt anguleux. Celles-ci disparaissent vers — 5 m environ dans la zone de l'herbier, noyées sous les « mattes » de Posidonies et des bancs de sable. Il s'agit là du prolongement de la plage fossile ; la dune semble ne pas résister à l'action de la mer et les quelques écueils (blocs éboulés) sont activement érodés.

PÉTROGRAPHIE. — *La vase grise* contient 70 % de partie grossière ($> 50 \mu$) et a un indice de quartz de 50 % environ.

La plage fossile (bancs de sables meubles) contient 97 % de $> 50 \mu$ dont 20 % de calcaire (débris coquilliers) ; l'indice de quartz étant 77 %, la fraction quartz comprend surtout du sable de 0,5-0,8 mm en moyenne, formé de quartz limpide ou filonien, plus ou moins roulé, avec quelques gros grains atteignant 3 mm. Il faut noter aussi l'abondance des petits fragments de Schistes lustrés.

Les bancs de grès sont formés d'un sable analogue plus ou moins cimenté secondairement par de la calcite.

La dune résulte du vanage de la plage, d'où beaucoup plus d'homogénéité dans les grains, mais, par contre, un ciment calcaro-ferrugineux les assemble souvent en agrégats. Noter ici l'abondance du fer comme dans toutes les dunes fossiles.

De l'autre côté du golfe, dans la partie sud-ouest, J. Laporte a trouvé, vers une dizaine de mètres d'altitude, un grès de plage avec coquilles marines, plaquées sur des schistes. L'échantillon qu'il a eu l'obligeance de me confier est analogue à ceux de Ficajolo. Il semble donc que la mer ait bien laissé des dépôts sur toute la bordure du golfe, mais que l'érosion, extrêmement active dans les Schistes lustrés, les ait fait presque tous disparaître ; il est très difficile d'en retrouver les derniers lambeaux.

II. COTE ORIENTALE DU CAP CORSE : GISEMENTS DE MACINAGGIO.

— 1) Peu avant l'ancienne batterie napoléonienne en venant de la plage, on rencontre les premiers gisements :

Tout d'abord, un bloc de calcaire liasique¹ de grande taille, présentant sous le surplomb des perforations indiscutables de Lithodomes et de Cliones jusqu'à une hauteur de 6 m environ. A côté, dans des blocs, des lambeaux de grès de plage (« panchina ») avec quelques fossiles. Le tout est recouvert par une puissante

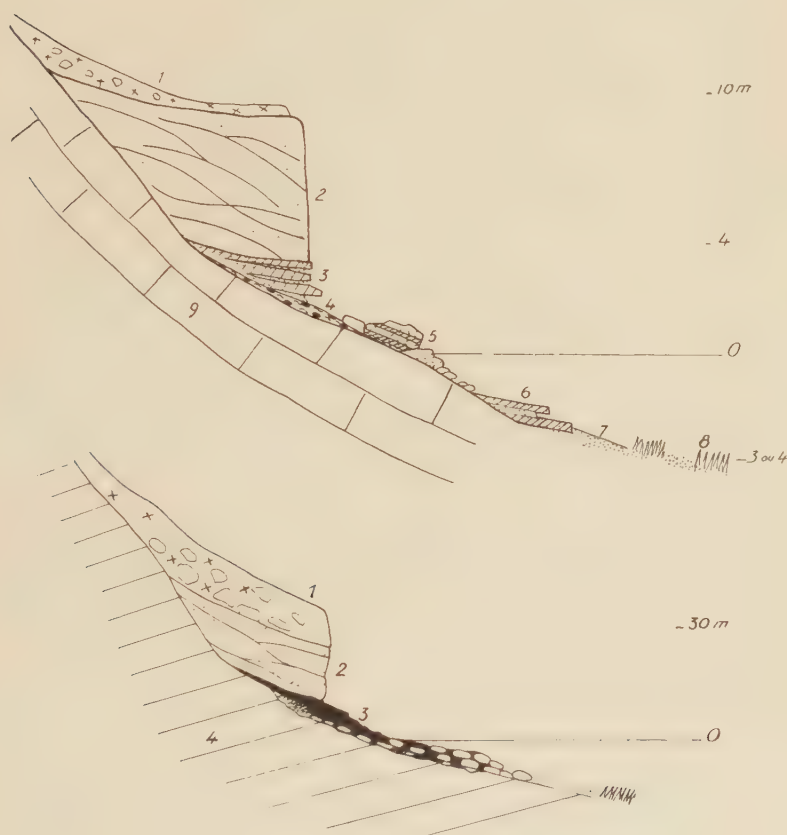


FIG. 1.

En haut : Gisement de Saint-Florent.

- 1 : limons rouges et éboulis de pente ; 2 : dune fossile ; 3 : plage fossile ; 4 : vase sableuse grise à galets de roches cristallines ; 5 : blocs éboulés et plage actuelle ; 6 : dalles de la plage fossile actuellement immergées ; 7 : sable coquillier ; 8 : herbier à Posidonies ; 9 : calcaire gréseux miocène.

En bas : Gisement de Tamarone.

- 1 : brèche ossifère ; 2 : dune ; 3 : plage fossile imprégnée de ciment rouge (Conglomérat fossilifère) ; 4 : calcaire liasique et Flysch à Rosalines.

1. LAPORTE J. (1954) : Les écailles de Macinaggio (Corse). *B. S. G. F.*, (6), IV, p. 81.

brèche rouge remaniant des coquilles marines dans sa partie inférieure. Sa partie supérieure contient, par contre, quelques fragments d'os.

2) Au N de la pointe de la Coscia, un très beau gisement de « panchina », en partie exploitée autrefois pour construire le village, nous montre :

a) à la base : un *conglomérat de plage* allant de gros blocs immergés actuellement sous quelques mètres d'eau, à de fins cailloutis avec quelques rares coquilles, analogues à ceux de la grève actuelle, qui s'élèvent jusqu'à + 2 m au-dessus de la mer ; il est recouvert d'un limon rouge à *Helix* qui l'imprègne et parfois le consolide en masse très dure ;

b) au-dessus : une *série de dunes* analogues à celles de Saint-Florent, mais montant sur la falaise jusqu'à 30-40 m de haut environ ;

c) puis vient : la *brèche rouge ossifère* avec ses gros blocs de calcaire liasique et de serpentines. A la base de cette brèche, dans une zone restée meuble, au contact de la dune, j'ai pu récolter divers petits os de Mammifères et une dent de *Cervus cazioti*. M. Piveteau qui a bien voulu se charger de l'étude (en cours) de cette dent et des os, pense qu'il s'agit de petits Rongeurs de la famille des Muridés et d'un Insectivore (sans doute nouveau).

Un peu plus au N encore, au niveau des îles Finochiarola, on retrouve, à demi immergés, des lambeaux de « panchina » du type plage qui semblent être les témoins les plus avancés vers le N de cette formation.

L'intérêt de ces deux gisements analogues réside, outre leur répartition géographique sur les côtes est et ouest du cap Corse, dans les caractères « chauds » ou plus exactement dans les « affinités sénégalienne » de la faune. Celle-ci déterminée par mon camarade P. Mars ¹ comprend de nombreuses espèces.

MACINAGGIO. — Pointe de la Coscia : *Purpura haemastoma* (L.), *Patella ferruginea* GM., *Pat. caerulea* L., *Monodonta turbinata* (BORN.), *Anomia ephippium* (L.), *Arca barbata* (T.).

Tamarone, gisement de la plage fossile, dans le conglomérat : *Pectunculus* sp. juv., *Spondylus gaederopus* L., *Cardium tuberculatum* L., *Venus gallina* L., *Monodonta turbinata* (BORN.), *Astrea rugosa* (L.), opercule, *Cerithium vulgatum* BRUG., *Pisania maculosa* LMK.

SAINT-FLORENT. — *Arca barbata* L., *A. lactea* L., *A. moae* L., *Lima squamosa* L., *Chama gryphina* LMK, *Cardium glaucum* BRUG., *C. exiguum* POLI, *Cardita calyculata* L., *Loripes lacteus* L., *Jagonia reticulata* POLI (= *Lucina pecten* LMK), *Tapes aureus* GM., *T. decussatus* L., *Venerupis irus* L., *Venus verrucosa* L., *Patella ferruginea* GM. (fide OTTMANN), *P. caerulea* L., *Fissurella italica* DEF., *Haliotis lamellosa* LMK, *Monodonta turbiiformis* (V. S.) (= *M. articulata* LMK), *Mon. turbinata* (BORN.), *Gibbula adamsoni* PEYR., *G. diva-*

1. Je suis heureux de pouvoir le remercier ainsi que mon camarade J. Picard pour l'aide précieuse que m'offre leur collaboration pour l'étude des faunes et biocénoses actuelles et fossiles.

ricata L., *G. rarilineata* MICH., *G. umbilicaris* L., *Clanculus corallinus* L., *Cl. jussieui* PAYR., *Astrea rugosa* (L.), *Phasianella pullus* L., *Cerithium vulgatum* BRUG., *Cer. mediterraneum* DESH., *Bittium reticulatum* D. C., *Vermetus triquetus* BIR., *Nassa ferussaci* (PAYR.), *N. corniculum* (OLIV.), *Columbella rustica* (L.), *Conus ventricosus* GM. (= *G. mediterraneus* BRUG.), *Murex trunculus* L., *Tritonalia edwardsi* (PAYR.).

L'abondance des grands Pectoncles, de *Turbo rugosus* et des *Patella ferruginea* permet de les attribuer au cycle « tyrrhénien », celui-ci pris dans un sens biogéographique et non comme étage géologique, c'est-à-dire que l'on entend par là la période (non nécessairement contemporaine en tout point de la Méditerranée) où apparaît la faune particulière caractérisée selon les gisements par *Patella ferruginea*, *Strombus bubonius*, *Conus testudinarius*.

D'autre part, ces gisements sont du même type que les principaux gisements de « Tyrrhénien » vrai qui ont été réétudiés ces dernières années en Tunisie ¹, Italie ² et Sicile ³. Tous en effet résultent d'un retrait de la mer, qu'il soit eustatique, dû à un mouvement tectonique (subsidence ou flexure), ou simplement à une avancée de la terre par suite des apports littoraux. C'est la seule possibilité d'expliquer la superposition dune sur plage, et parfois leur récurrence.

Ainsi, ces deux gisements du cap Corse peuvent être considérés par leur faune et leur étendue, comme les deux plus beaux gisements de « Tyrrhénien » connus actuellement sur les côtes de la Méditerranée française.

OBSERVATIONS.

M. DANGEARD demande si l'on peut préciser l'âge du gisement ? S'agit-il du Tyrrhénien I ou du Tyrrhénien II ?

Réponse : Dans l'état actuel de nos connaissances il est impossible de préciser si, en Corse, on se trouve en présence de Tyrrhénien I ou II. Ce dernier n'est d'ailleurs, là où il existe, qu'un stade du premier, lorsque les 2 faunes sont du type « faune à Strombes », et non pour des raisons altimétriques.

1. CASTANY G. (1954) : Le niveau à Strombes de Tunisie. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 55.

2. BLANC A. C. (1953) : Excursion à Castiglioncello. 4^e Congr. I. N. Q. U. A., Pise-Rome. — OTTMANN F. (1954) : Le Quaternaire de la région de Quercianella Rosignano. *Atti Soc. toscana Sci. nat.*

3. OTTMANN F. et PICARD J. (1954) : Contribution à l'étude du Quaternaire des régions de Palerme et de Milazzo (Sicile). *B. S. G. F.*, (6), IV, p. 395-408.

M. LECOINTRE : Les schémas et photos de M. Ottmann lui rappellent tout à fait les coupes du bas niveau de la côte occidentale du Maroc (faune chaude à *Purpura haemastoma*) ; ce niveau a été appelé Ouljien par Gigout.

La présence de *Patella ferruginea* a été signalée dès 1826 par Payraudeau dans la faune actuelle de la Corse ; mais il est certain que la prolifération de certaines espèces montrant des épaisseurs exubérantes comme *P. haemastoma*, *Turbo rugosus*, *Patella ferruginea*, etc... est une des caractéristiques de l'étage tyrrhénien, utilisables en l'absence de Strombes.

GÉOLOGIE DES SABLES ALVÉOLAIRES DE L'ANCIEN MONDE

PAR René Baudoin ¹.

PLANCHE XXIV.

Sommaire. — En Europe, les sables alvéolaires sont fréquents entre les limites des marées de morte eau, du 30° au 53° de latitude. Les dômes, les « structures télégraphiques » se forment dans les plages à sables lités ; les « mousses de sable » à bulles elliptiques au sein de sables homogènes ; dans les deux cas il y a des puits de sable.

K. O. Emery, attribue leur formation aux vagues, mais les phénomènes superficiels, baisse de la tension superficielle au rivage, flottation des sables, ainsi que les animaux fouisseurs sont des facteurs également importants.

Connus sub-fossiles (Ronce-les-Bains), sont à rechercher dans les formations anciennes jalonnant leurs rivages.

Introduction.

HISTORIQUE. — La présence de cavités pleines d'air dans les sables a été constatée tout d'abord dans le Nouveau Monde : dès 1884, T. M. Reade signale des dômes miniatures à la surface de plages sableuses juste au-dessous de la limite du flot ; en 1928, R. H. Palmer attire l'attention sur les cavités creusant le sable des plages ; en 1945, K. O. Emery rassemble ses propres observations et celles de ses devanciers ; enfin H. W. Ménard, en 1950, étudie le transport des grains de sable par des bulles d'air et la formation d'agglomérés air-sable ; il souligne également l'importance des voiles de sable flottant à la surface des eaux de l'Ohio, voiles existant aussi en mer comme K. O. Emery l'avait signalé dès 1945.

Dans l'Ancien Monde, Boulanger les avait vus à Ambleteuse dans l'embouchure de la Slake (communication orale, 1951). Je les ai remarqués pour la première fois sur la côte sud d'Oléron en 1948, puis à Ronce-les-Bains, à Sablanceau-en-Ré (1949), à la Coubre dans la région charentaise, à Veillon en Vendée (1953), à Ambleteuse (Pas-de-Calais, 1951), à Texel en Hollande (1954). Ils existent également au Maroc où, en 1949, j'ai trouvé de telles formations à Rabat, Ain Diab et dans l'extrême Sud, à Sidi Moussa d'Aglou.

CARACTÈRES SIGNALÉTIQUES. — Les dômes de sable, les puits de sable, les cupules et les bulles à voûte incomplète sont visibles pour un promeneur attentif ; ils apparaissent lors du retrait du flot juste au-dessous de son avance extrême ; ceux qu'on a pu voir plus bas ont été balayés par les avances postérieures de la mer et la plage est redevenue lisse à leur emplacement [Baudoin, 1949].

Les formations alvéolaires dissimulées aux regards, se manifestent par les propriétés mécaniques de la plage, sensibles au piéton.

1. Note présentée à la séance du 29 novembre 1954.

a) *Sables secs* :

- durs au pied
- élastiques
- tassement : le pied s'en-fonce de 10 cm et plus
- sables compacts
- formation alvéolaire sous croûte épaisse (10 cm et plus)
- formations alvéolaires superficielles plus ou moins épaisses

b) *Sables mouillés* :

- compacts au repos, fluides par agitation
- fluides, se laissent traverser sans résistance : bulles d'écume abondantes, souvent un voile de grains flottants lorsqu'on les agite.
- sables thixotropes, non nécessairement alvéolaires
- sables bulleux.

Répartition des formations alvéolaires.

1. MILIEU MARIN ET DULCAQUICOLE. — Je ne les ai vus que dans la zone de balancement des marées, mais K. O. Emery [1945] indique qu'on les a trouvés accidentellement après les pluies au milieu de dunes, ou après tempêtes sur les bords de lacs ; ils ne semblent jamais être si répandus et constants qu'en milieu marin.

2. LOCALISATION DANS LA ZONE INTERCOTIDALE. — A Ronces-Bains (Charente-Maritime), leur extension verticale est la suivante par rapport au 0 de la carte marine et de l'amplitude de la marée.

NIVEAU EN MÈTRES	Htm Ve eq 6,20	Htm mMe 4,20	Niv. moy. 3,10	Bm Me 2,20	Bm Ve 0
Pointe aux Herbes 4.9.50.		3,86 m 4 m		2,70 m 3 m	
Galon d'Or.	5,45 m ←	z. à Salicornes			→ 2,50 m
Oléron Sud.	5,30 m ←				→ 2,60 m

Répartition des formations alvéolaires.

Ht m : haute mer ; Ve eq : vive eau équinoxiale ; m Me : marée de morte eau ; Bm Me : basse mer de morte eau ; Bm Ve : basse mer de vive eau.

A Sablanceau-en-Ré, pour une dénivellation de 6,47 m, on les trouve entre 4,30 m et environ 2,15 m.

Les formes les plus nettes se voient toujours entre les limites de haute mer et basse mer de morte eau, c'est-à-dire qu'ils se développent au maximum lorsque les sables subissent 2 exondations et 2 immersions quotidiennes ; plus bas, les sables sont compacts ; plus haut, des structures alvéolaires sont présentes après les marées de vive eau ; le dessèchement entraîne leur disparition pendant les périodes de morte eau (Oléron, 2-9-49). Quatre jours après le départ des eaux, le sable s'éboule et la structure devient indiscernable ; le tassement reste le seul signe très net de celle-ci.

3. ZONES EXPOSÉES ET PROTÉGÉES. — Le développement maximum de couches de sables alvéolaires a lieu en des points abrités : pointe de Galon d'Or à Ronce, anse de Veillon en Vendée ; mais de telles structures sont également présentes sur des côtes très battues : La Coudre ; grande plage de Saint-Trojan d'Oléron ; les Grenettes-en-Ré, Cayeux, Fort-Mahon dans la Manche ; grande côte de Texel en Hollande.

4. COORDONNÉES GÉOGRAPHIQUES. — La latitude ne semble guère intervenir puisque je les ai trouvés du 53° de latitude N Texel, au 30° Sidi Moussa d'Aglou). La longitude non plus, puisqu'on les voit sur la côte occidentale de l'Ancien Monde comme sur celles orientales atlantiques du Nouveau Monde et les côtes occidentales pacifiques de celui-ci.

Il ne s'agit plus de formations climatiques (au moins dans une large mesure) *mais d'un mode courant des formations sableuses battues par la mer ainsi que l'a très justement exprimé K. O. Emery [1945].*

J'ajoute qu'il me paraît certain qu'on les trouvera partout lorsqu'on se donnera la peine de les chercher.

5. FINESSE DES SABLES ET STRUCTURES ALVÉOLAIRES. — On ne remarque rien de particulier à ce point de vue ; normalement, elles se développent en des sables ni trop fins ni trop grossiers, ainsi que l'a vu K. O. Emery et que je l'ai remarqué en France, mais il peut se faire (en milieu coquillier), que la structure soit présente et peu visible (Ronce-les-Bains, en amont de la pointe aux Herbes). Enfin elles peuvent se former en milieu hétérogène, sable truffé de galets à Cayeux dans la Manche.

Aspects structuraux.

Ils sont facilement mis en évidence par l'emploi du « tiroir à sable » [Baudoin, 1951]. Sur une plage essorée suffisamment, en milieu assez homogène, il permet un carottage horizontal régulier de celle-ci donnant des coupes verticales très nettes sans remaniement des formations les plus fragiles (bulles, terriers d'animaux fouisseurs, ces derniers restant souvent en place immobiles dans un demi tube).

1. SABLES A BULLES PLUS OU MOINS SPHÉRIQUES. — Ce sont les plus faciles à observer, ceux qui donnent un tassement maximum, épais parfois de plusieurs décimètres (Galon d'Or près de Ronces-Bains).

Les coupes ont l'aspect d'une pâte levée, d'une émulsion de bulles d'air en milieu sableux.

Le diamètre des bulles est très variable, du millimètre à des ellipsoïdes de grand axe atteignant 8 sur 3,5 mm, 10,7 sur 5,35 mm au Galon d'Or, 3 cm sur 2 mm et plus à Sablanceau-en-Ré (27.7, 51). J'ai vu de très grandes cavités aplaties horizontalement (à plancher et plafond ondulés dus sans aucun doute à la coalescence de bulles mitoyennes et dont l'équilibre tient du miracle). Ces cavités clivaient en quelque sorte le dépôt (Sablanceau, 27.7.51 et pointe aux Herbes à Ronces-les-Bains). Je les appelle formes hypertrophiées.

Fréquemment, dans une telle formation, s'observe un gradient vertical, simple ou double en ce qui concerne les dimensions des bulles (Ronce, Ré).

Les couches bulleuses peuvent aussi bien se former dans d'épais dépôts (Galon d'Or, Veillon), que dans des bancs de sable plaqués sur des dépôts vaseux et n'ayant que de 12 à 16 cm d'épaisseur à Ronces-les-Bains.

Enfin, sur une coupe profonde de plage, il est fréquent d'observer une superposition régulière de couches alvéolaires et compactes, de trouver les premières apparemment non modifiées à plusieurs décimètres de profondeur (on est arrêté en profondeur par les suintements qui font couler le sable).

L'aspect superficiel des couches peut être divers : plat, incliné plus ou moins fortement, lisse ou ondulé de ripple marks ; dans ce dernier cas, les bulles supérieures s'alignent horizontalement au-dessous des ondulations.

Les bulles peuvent affleurer ou même s'ouvrir à la surface de la plage (bulles sans voûte) ; parfois même elles se réduisent à leur hémisphère inférieur (cupules). Ces deux dernières formes sont localisées au sommet des plages et spécialement sur les pentes accentuées (La Coubre, 4.8.49) ; elles apparaissent aussi sur les tas de sable attaqués par les vagues.

2. STRUCTURE « TÉLÉGRAPHIQUE ». — En creusant la grande plage de Saint-Trojan (île d'Oléron), j'ai observé la superposition suivante :

- une croûte de sable compact de 10,5 cm,
- une zone bulleuse de 4,6 cm,

une série de couches minces parallèles séparant des lits formés chacun d'une couche unique de bulles pounctiformes ou allongées horizontalement.

Sur les coupes, l'ensemble a *une allure feuilletée, les bulles simulent des lignes de signaux morse*, d'où le nom que je leur ai donné (3-9-49).

Sous leur forme typique je ne les ai pas vus en surface, mais, parfois des alignements de bulles ovoïdes sur une seule épaisseur (sables bulleux rudimentaires) semblent résulter de l'évolution du joint le plus superficiel d'une structure feuilletée. Ils sont quelques fois recouverts de couches bulleuses et souvent recouvrent de telles formations, par exemple à Cayeux (Somme) (2-8-50).

3. DOMES ET PUITS. — *a)* ils se forment au sommet des plages ; les premiers se voient dans le cas de *dépôts feuilletés* ; ces deux aspects sont transitoires : une première vague les forme, une seconde les efface (Sablonceaux, 22-5-49), aussi ne les voit-on persister qu'aux points les plus extrêmes de l'avance du flot ;

b) les puits peuvent cracher de l'air longtemps après le passage de la vague, comme K. O. Emery l'a fort bien observé ; pour des puits cratériformes j'ai vu nettement les cavités alimentant ceux-ci en air. Lors de l'arrivée d'une seconde vague, les dômes s'ouvrent au sommet et s'affaissent, laissant une traînée superficielle de sable allongée dans le sens de retrait des eaux et très visible sur la surface de la plage redevenue lisse ;

c) les points d'éjection d'air sont donc d'origine variée : dômes percés, puits ; ces derniers doivent se former en plein sable en des points de moindre résistance ; mais souvent aussi, l'air pour s'échapper emprunte les terriers verticaux d'animaux fouisseurs. Dans la zone basse, les Polychètes du genre *Nephtys*, à Ronces-Bains ; les *Scoloplos armiger* à Ré, donnent de nombreux puits. Dans la zone haute, les Crustacés, Talitres et Tylos donnent des cavités verticales serrées les unes contre les autres, que la mer montante rencontre lors des marées croissantes (fig. 1 A).

La densité de ces formations peut être considérable : à mer montante à Sablonceaux (île de Ré), sur une surface de 256 cm², il y avait 21 dômes, 16 puits dus aux Annélides soit 820 dômes et 625 puits par m², la bande de sable intéressée n'ayant que quelques décimètres de largeur.

4. GRANULOMÉTRIE ET HOMOGÉNÉITÉ DES DÉPÔTS. — Comme K. O. Emery, j'ai remarqué qu'on ne les trouve ni dans les sables très fins ni dans les graviers ; mais à la pointe aux Herbes à Ronces-les-Bains, un chenal d'écoulement de prés établis sur du

« Bri » a le fond de l'embouchure couvert de sables coquilliers assez grossiers et bulleux.

Enfin, à Cayeux (Somme), les sables alvéolaires sont truffés de galets.

Le milieu de formation des bulles est donc assez largement variable.

5. IMPORTANCE DE L'AIR OCCLUS.

a) K. O. Emery, l'apprécie en agitant un cylindre de sables alvéolaires avec de l'eau. En mesurant son affaissement après le départ de l'air, il obtient le volume de la couche bulleuse. En pesant l'eau retenue par le sable après tassement, il trouve le volume d'air retenu entre les grains. Ainsi la hauteur passant de 10,6 à 6,8 cm, le volume d'air dans les bulles est de 36 % environ du volume initial ; le volume d'air retenu entre les grains est de 24 %.

Dans le sable alvéolaire sec, l'air représenterait 60 % du volume du dépôt.

b) En tassant à sec un cylindre de sable bulleux jusqu'à affaissement des bulles (vérifié après coup), j'ai, à Oléron, obtenu des valeurs beaucoup plus faibles.

épaisseur couche bull.	tassement	vol. bulles vol. sable bull.
3,5 cm	0,6 cm	17,1 %
7,5 cm	1 cm	13,3 %

Les deux méthodes mériteraient d'être combinées. Celle de K. O. Emery fournit une valeur minimum du volume de l'air retenu entre les grains de sable, mais certainement le volume des bulles est inexact ; *en opérant dans l'eau, on tasse les grains au maximum* ; l'affaissement constaté comprend alors le volume des bulles plus une partie du volume de l'air retenu entre les grains de sable. Le simple tassement à sec doit éliminer une partie importante de cet inconvénient, ce qui expliquerait les valeurs beaucoup plus petites que j'obtiens pour les bulles.

Acceptant les mesures de K. O. Emery pour les espaces intergranulaires (24 %), mes résultats pour les bulles (17 %), les sables alvéolaires contiendraient 41 % d'air.

Il serait intéressant de mesurer directement le volume d'air qui s'échappe d'un échantillon donné pour apprécier les erreurs commises avec l'une et l'autre méthode.

Il faut retenir que les sables alvéolaires renferment une très grande quantité d'air et que ceux qui sont en apparence compacts en renferment aussi beaucoup lorsqu'ils sont secs. Enfin qu'à mer haute, seules les bulles contiennent une quantité importantes d'air (les sables compacts agités lorsqu'ils sont couverts d'eau donnent peu ou pas de bulles). Il est probable que l'air intergranulaire

retenu donnera de nouvelles bulles ou se trouvera comprimé par le flot dans les bulles préexistantes.

Genèse des sables alvéolaires.

Elle est éclairée par les observations faites dans la nature et par les essais de synthèse de ces structures.

I. OBSERVATIONS DANS LA NATURE. — 1) *Facteurs mécaniques.* Pour K. O. Emery, l'air enfermé dans le sable et comprimé par le flot est forcé dans les espaces capillaires et détermine la formation de bulles ou de dômes, tandis qu'une part est violemment expulsée

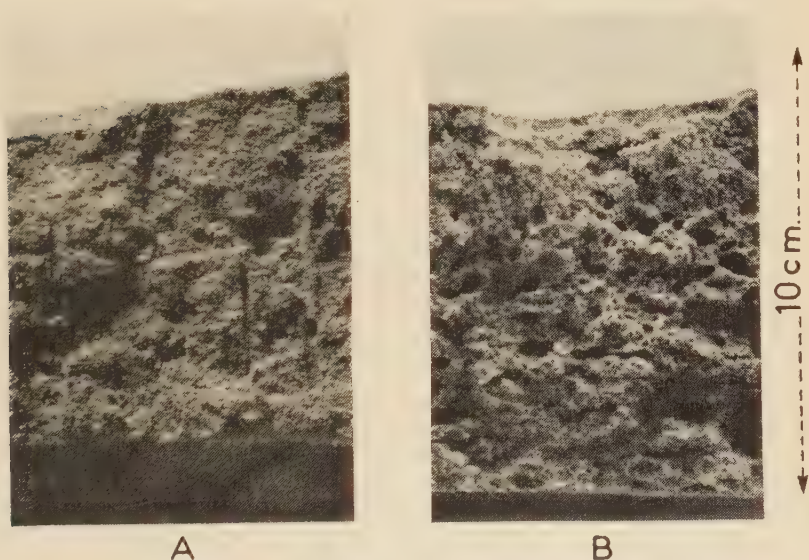


FIG. 1 A. — Puits verticaux dus à des organismes fouisseurs : les plus larges forés par les Talitres (Crustacés amphipodes). Au centre, tube étroit de *Scoloplos armiger* (Annélide polychète). A droite, remplissage secondaire d'un terrier de Talitre ; une discontinuité se maintient au niveau de la paroi du puits. Sablanceau (28.7.1951).

FIG. 1 B. — Remaniement d'une structure bulleuse par la 1^{re} vague du flot : déplacement des bulles, fusion d'éléments voisins. Sablanceau (9.51).

par les puits de sables. Ses mesures montrent que la pression croît avec l'arrivée et après le passage d'une vague ; elle atteint 6 cm d'eau, 6 gr par cm², puis elle baisse, s'annule et se renverse, la dépression maximum pouvant être de 4 gr par cm².

Jé crois très importante cette action variable, et particulièrement cette dépression, qui peut injecter de l'air dans un sédiment ameubli abandonné par le flot.

Les pressions peuvent être beaucoup plus fortes et soutenues au-delà de contre pentes où l'auteur a trouvé 23 gr par cm².

Le tiroir à sable utilisé aussitôt après le passage d'une vague montre un remaniement des bulles : elles ont glissé, sont devenues irrégulières, et se sont accrues (Sablaceau, 24-9-51) (fig. 1 B).

Sous l'action du flot, les bulles pétrifiées par le dessèchement sont remobilisées et murissent vraisemblablement par fusion comme on voit le faire une mousse de savon. La perte de rigidité peut être attribuée à la violence de l'action mécanique du flot, au mouillage du dépôt, et peut être facilitée par un effet thixotropique.

2) *Phénomènes de surface.* L'aspect bulleux qui suggère l'idée de moussage, l'armature solide des alvéoles, conduisent à examiner de près l'organisation du dépôt ainsi que les propriétés superficielles de l'eau de mer et des grains de sable.

a) *Eau de mer, écume marine et sables bulleux.* Le déferlement des vagues produit de l'écume marine, particulièrement lorsque le flot bat une plage de sable. En piétinant les sables alvéolaires recouverts d'une mince couche d'eau, on obtient une écume abondante.

Lorsque la vague attaque la pente raide d'un tas de sable déposé sur la plage, elle se retire en laissant des bulles dont les parois sont faites de sable et la voûte d'une lame d'écume ; cette dernière finit par se rompre, donnant une bulle sans voûte. Pour ce dernier type de structure alvéolaire, la liaison écume-bulle à parois de sable est donc évidente.

On peut observer au laboratoire que les grains de sable d'une paroi peuvent être déplacés, se maintenant dans la position où on les abandonne, collés aux grains voisins par un liquide d'allure visqueuse.

La paroi liquide des bulles ne semble pas être faite d'eau de mer.

Optiquement, une bulle d'écume semble avoir une paroi propre, entre deux parois mitoyennes ; on voit l'eau s'écouler progressivement.

L'écume renferme une substance tensio-active.

L'eau de mer pure, ne renfermant que ses éléments minéraux, a une tension superficielle supérieure à celle de l'eau pure à même température (Krümmel, 1907).

$$\gamma = 77,09 - 0,1788 t_0 + 0,0221 Q \quad (Q = \text{salinité})$$

Berget a trouvé des valeurs légèrement inférieures.

Flemming et Revelle (1939), donnent une formule en fonction de la température et de la chlorinité :

$$\gamma = 75,64 - 0,144 t + 0,0399 \text{ Cl.}$$

Rappelons que $Q = \text{Cl} \times 1,81$ (Cl en gr par litre).

En mesurant à l'aide du tensiomètre à fil de torsion de J. Guastalla l'action de l'eau de mer sur une lamelle mouillable de mica dépoli (application de la méthode de Wilhelmy, 1863), j'ai observé que :

— l'eau de mer du flot prélevée à quelques mètres du bord avait une tension superficielle plus faible que celle prévue. L'essuyage superficiel (avec du papier hygiénique), provoque le relèvement de cette tension.

— l'écume ramassée à l'aide d'une passoire métallique sur l'eau loin des bords, donne une eau à tension superficielle très basse (fig. 2); ainsi, à 14° l'eau d'écume a une tension de 52,54 dynes cm; pour l'eau de mer pure (d'après Flemming et Revelle) : pour une salure de 35 ‰, chlorinité 19,33, elle devrait être de 74,32 dynes cm; après essuyage j'ai obtenu seulement 71,58 dynes cm; l'abaissement est d'une vingtaine de dynes par cm, soit 26 ‰ environ.

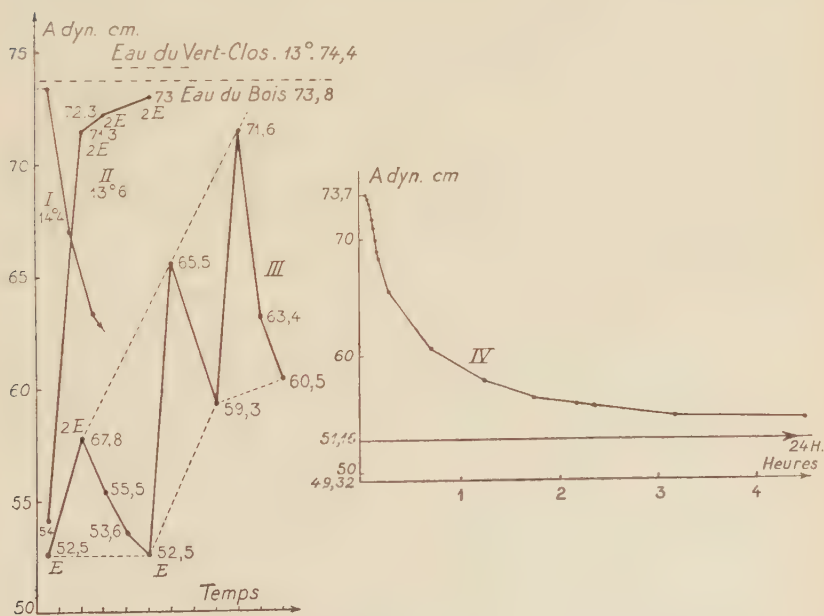


FIG. 2. — Graphiques des tensions superficielles de l'eau d'écume.

I : eau essuyée; II : effet des essuyages successifs; III : essuyages espacés dans le temps; IV : eau d'écume essuyée en fonction du temps.

— la substance tensio-active est dissoute ; un équilibre s'établit entre la phase adsorbée et la phase dissoute.

L'essuyage remonte la valeur de γ , mais progressivement elle s'abaisse, ceci de plus en plus lentement. Chaque essuyage remonte γ plus haut et de même l'abaissement qui suit est moindre, ce qui s'explique par l'épuisement progressif de la solution. L'équilibre ne semble s'établir qu'après un temps très long : plus de 25 heures.

D'après les valeurs de l'abaissement, la forme de la courbe (fig. 2, IV), on peut, à titre d'hypothèse de travail, supposer que cette substance est une protéine. Comme dans de nombreux cas cette protéine est très stable. Après quelques jours, quelques semaines, l'eau d'écume donne des valeurs tensiométriques de même ordre : 9,4-3,6, 1953.

— substance active et moussage; on s'explique ainsi le moussage abondant de l'eau de mer sur les côtes : les bulles d'air sont stabilisées par elle. La disparition de l'écume est liée à l'essorage des bulles d'une part, et à la redissolution de la substance d'autre part.

L'origine de cette substance n'est pas éclaircie. Est-elle une sécrétion des Vers, des Mollusques, des Algues ? ou bien un résultat de l'activité bactérienne ? Je ne saurais actuellement rien avancer d'autre que des hypothèses.

b) *Propriétés superficielles des éléments figurés* : grains de sable, microorganismes.

L'écume brillante et éphémère du large devient terne et durable sur les rives. Au microscope, la paroi paraît rugueuse ; elle présente une résistance élastique très nette si on pousse un grain de sable mouillé, une aiguille contre elle.

Le dessèchement donne une bulle polyédrique qui se ratatine et dont la paroi se fend ; les bords de cette fracture s'écartent lentement, témoignage de la viscosité de la paroi.

Si, avant le dessèchement complet, on écluche la bulle, on obtient de nouveau une bulle stable, brillante, d'écume propre. L'éclatement donne des fragments flottants à bords nets.

L'écume du rivage a donc une structure complexe ; le film tensio-actif est doublé d'une armature d'éléments divers entraînés à la surface de la bulle, qui lui confèrent sa solidité remarquable. Il faut voir aussi que les éléments figurés facilitent le moussage lorsqu'ils sont, par flottaison, amenés à l'interface air-eau, mais qu'ils ne peuvent être tenus pour responsables de l'abaissement de la tension superficielle de l'eau d'écume.

c) *Grains de sable et bulles d'écume.* Les grains de sable flottants sont souvent observables à la surface des eaux marines et douces

[Emery, 1945]. H. W. Ménard [1950], dans une revue récente, cite des voiles flottants et des amas de grains et de bulles d'air, transportés par les eaux.

Personnellement, j'ai pu voir des formes plus discrètes, tant en Europe (Ronce-les-Bains) que sur les plages marocaines, dans les vasques de grès de Rabat (Aïn Diab).

Il est facile, en rejetant à l'eau du sable de plage, d'observer des bulles armées de grains et stables, alors qu'un saupoudrage donne des voiles constitués d'éléments les plus variés, silice, calcaire coquillier, minéraux divers.

Les grains sont soutenus par un ménisque creux, signe de non mouillage ; ils sont attirés les uns contre les autres, refoulés par les ménisques soulevés par les corps mouillables (c'est ainsi qu'on les trouve toujours au centre des cuvettes naturelles). Le sable de plage mouillé, amené tangentiellement à la surface de l'eau, y abandonne des grains de ce type.

Ils doivent jouer un rôle important lors de l'arrivée de l'eau d'une part, et lors de la formation des bulles d'autre part, aux interfaces desquelles ils tendront à se disposer en les armant comme on le voit expérimentalement.

Cause de l'hydrophobie : s'appliquant à des objets très divers, elle ne peut tenir qu'à une modification de leur surface par un agent commun.

— un effet électrique est improbable, les grains s'attirant les uns les autres et s'appliquant étroitement à leurs voisins.

— un enduit non mouillable est plus vraisemblable. Il faut remarquer que 4 lavages successifs à l'eau douce, dont 2 à l'eau chaude, à l'alcool à 95°, à l'éther, ne l'ont pas fait disparaître. Après séchage, les grains sont encore non mouillables. On peut donc affirmer que la substance hypothétique n'est pas lipidique. Les essais faits avec l'écume n'ont donné aucun résultat net, le rinçage de lames de verre propre à l'écume, suivi d'un séchage, ne leur ayant conféré aucune hydrophobie nette.

3) *Les données structurales et la genèse des sables.* Les formations bulleuses sont très différentes en milieu homogène : bulles sphériques ou ellipsoïdales ; en milieu lamellaire : dômes, sables télégraphiques. Mais dans les deux cas, on peut observer des puits d'évacuation d'air.

— l'examen des couches m'a montré des structures télégraphiques, au-dessus de structures bulleuses sphériques, les premières ne résultant donc pas du tassement des secondes.

— une coupe obtenue à Sablanceau (14.9.51) montre en profondeur d'épaisses lames de sable compact séparées par des joints de type télégraphique ; plus haut, les joints sont de grandes bulles plates et l'on voit quelques bulles sphériques dans les lames sableuses ; enfin, en surface, on passe à la structure alvéolaire typique avec des alignements encore visibles (Pl. XXIV, fig. 2).

La structure bulleuse sphérique peut être le résultat d'un remaniement superficiel de sables du type télégraphique.

Les joints entre couches de sables se montrent non seulement entre dépôts successifs horizontaux, mais aussi lors du remplissage de cavités préexistantes (puits de Talitres) ; ils forment des réserves d'air, des zones de cheminement pour celui-ci, enfin des zones de décollement expliquant la facile formation des dômes de sable.

Peut-être que dans le cas de sables alvéolaires hypertrophiés, où s'alignent de vastes cavités, l'affaissement de ces dernières, comme celui des dômes, a-t-il pour résultat de renforcer ces discontinuités.

La possibilité de trouver des structures bulleuses diverses reconnaissables en profondeur (40-50 cm) permet d'espérer en trouver fossilisées comme marque de la proximité des rivages marins.

4) *Rôles des êtres vivants.* J'ai déjà indiqué celui des Vers et des Crustacés fouisseurs dans la formation des puits d'évacuation de l'air des sables. Leur rôle peut être encore important de deux façons :

— les alvéoles qu'ils creusent peuvent être fermées et donner des bulles lors de la remontée du flot : Talitres, Tylos dans les zones hautes ; *Haustorius* (Crustacé amphipode) abondant dans la zone moyenne des sables alvéolaires à Sablanceau-en-Ré ; à quelques centimètres de profondeur, leur densité était de 28 au m², soit dans un volume de 0,1 m³.

— les déplacements de ces animaux doivent provoquer la fusion des bulles, la maturation des structures ; ceci est surtout probable à Ronce-les-Bains où les bancs alvéolaires ont une population importante de larves de Diptères tels que l'Anthomyie, (*Limnophora aestum*) le Dolichopode (*Muscideicus praetextatus*) ; de Coléoptères adultes et larvaires (*Cillenus lateralis*, *Diglossa mersa*) ; enfin de Vers (*Opheliides*) (23.85.1).

— une tranche de sable de 1,6 m², soit 0,15 m³ a donné 6 pupes *Limnophora*, 14 larves (1 *Limno*, 13 *Musc.*), 5 Vers.

Toutefois il faut remarquer que, en beaucoup de points, les sables ont une faune très pauvre et n'en sont pas moins développés pour cela (le Galon d'Or près de Ronce).

II. ESSAIS DE SYNTHÈSE DES STRUCTURES ALVÉOLAIRES. — En immergeant temporairement, plus ou moins brutalement, du sable sec convenablement remué pour effacer toute structure, on peut obtenir quelques uns des aspects naturels des sables alvéolaires.

Si l'action est brutale, seule la surface se mouille et se perce d'un ou plusieurs puits à bords arrondis. On voit aussi des cupules, des bulles dont la voûte d'écume disparaîtra bientôt donnant des bulles à voûte incomplète.

Si l'action est plus ménagée (boîte à sable enfoncée dans la plage), on obtient des bulles comme dans le cas précédent, et, dans la masse du sable, des bulles sphériques de petite taille.

Je n'ai pas réussi encore à obtenir de grosses bulles par ce moyen : je suppose que la répétition de l'immersion après séchage est nécessaire mais je ne l'ai pas encore vérifié (Ronce-les-Bains 1949-1950).

En 1951, Boulanger, à qui j'ai fait part des résultats précédents, m'a dit en avoir obtenu d'analogues à Ambleteuse (communication orale). Krempf, en 1949-1950, m'a suggéré que la bullosité pouvait être due à un dégagement gazeux d'origine fermentaire. Debyser a observé cette possibilité mais, dans les cas que j'ai étudiés, le sable alvéolaire roux et oxydé, très différent du sédiment noirci compact sous-jacent, rend cette idée peu applicable ; la présence d'une faune variée en ces mêmes points (Insectes des couches bulleuses) entraîne aussi à la rejeter.

Le mémoire de H. W. Ménard [1950], indique une autre possibilité de genèse, les grains non mouillables pouvant armer des bulles ainsi stabilisées ; j'ai du reste vu à Ronce qu'en jetant à la mer du sable de la plage et non de la dune voisine, de l'écume et des bulles prenaient naissance et, entourées de grains de sable, se montraient très stables. Le sable de la dune ne donnait rien d'analogue.

La genèse des sables alvéolaires peut être diverse. Il semble toutefois que l'action des marées soit la cause essentielle de leur formation.

Sables alvéolaires fossiles. Les alternances de sables alvéolaires et de couches compactes montrent la stabilité de ces structures. En creusant à travers le « bri » charentais j'ai, à Ronce-les-Bains, observé des formations bulleuses anciennes à quelques décimètres au-dessous des formations actuelles ; en un point, le bri noyé sous les sables actuels montre des racines (probablement de Tamarix), des pommes de Pin. Sous cet ancien sol, j'ai vu des intercalations de sables bulleux et d'argile.

Dans ces formations fossiles, les bulles laissent des empreintes arrondies très nettes sur le bri encaissant ; dans le sable lui-même, la structure reconnaissable est plus effacée.

Il semble bien que, comme suggérerait K. O. Emery, il y ait là un moyen de repérage de la marge supérieure des mers fossiles soumises aux marées. On peut espérer retrouver de telles traces plus intéressantes encore dans des sédiments sableux anciens, meubles ou consolidés, ou bien leur empreinte à la surface de roches argileuses ayant supporté ou recouvert ces sables bulleux.

OUVRAGES CONSULTÉS

- ADAM N. K. (1949). — The Physics and Chemistry of Surfaces. Oxford, Univ. Press.
- BAUDOIN R. (1949). — Observations sur les dépôts alvéolaires de sables marins dans la région de Ronce-les-Bains (Char.-Mar.). *B. S. G. F.*, (5), XIX, p. 189.
- (1949 b). — Les sables bulleux, refuge de certains insectes intercotidaux du littoral des Charentes (note préliminaire). *Bull. Soc. zool. France*, t. LXXIV, p. 160.
- (1949 c). — Sur la genèse des sables alvéolaires du littoral charentais : Oléron, Ronce-les-Bains, Ré. Congrès Sédimentation et Quaternaire. Bordeaux, Led Sam.
- (1951). — Nouvelles observations sur les sables alvéolaires. *B. S. G. F.*, (6), I, p. 213.
- (1952). — Contribution à l'aécologie et à la biogéographie de la zone intercotidale des Charentes. *C. R. somm. Soc. Biogéogr.*, n° 251, p. 73.
- (1954). — La physico-chimie des surfaces dans la vie des Arthropodes aériens des miroirs d'eau, des rivages marins et lacustres et de la zone intercotidale. Thèse, Paris.
- EMERY K. O. (1945). — Entrapment of air in Beach Sand. *J. sedim. Petr.*, p. 39.
- (1945 b). — Transportation of marine Beach sand by flotation. *Ibid.*, p. 84.
- GUASTALLA J. (1952). — Contribution à l'étude du mouillage (liquides purs). *Journ. Chim. Phys.*, t. 49, n° 5.
- MÉNARD H. W. (1950). — Transportation of sediment by bubbles. *Journ. sedim. Petr.*, p. 98.

OBSERVATIONS.

M. DEBYSER signale la formation *in vitro* de sédiments alvéolaires dans les échantillons de vase et de sable conservés à l'état humide au laboratoire. Dans ce cas particulier le facteur responsable est un dégagement d'hydrogène sulfuré dû à l'activité de bactéries réduisant les sulfates.

LÉGENDE DE LA PLANCHE XXIV

- FIG. 1. — « Structure télégraphique » Sablanceau, île de Ré (24.9.1951) le sommet de la coupe ne représente pas la surface de la plage. Largeur du tiroir à sable : 17 cm.
- FIG. 2. — Remaniement d'une « structure télégraphique » : lits compacts très épais. La structure devient anarchique au voisinage de la surface de la plage, passant à une « mousse de sable » typique. Sablanceau (14.9.51).

LA LIMITE ENTRE LES ÉTAGES APTIEN ET ALBIEN DANS LA RÉGION DE SAINT-DIZIER (HAUTE-MARNE)

PAR **Louise Bertrand** ¹.

PLANCHE XXV.

Sommaire. — D'après les données paléontologiques et sédimentologiques, la limite entre les étages aptien et albien dans les départements de la Haute-Marne, de la Marne et de la Meuse, se place entre le sable blanc (Gargasien) et le sable vert (Albien).

Dans la région de Saint-Dizier, sur le Barrémien supérieur continental, la succession des dépôts marins est la suivante, numérotée de bas en haut :

6. argile bleue	
5. sable vert à rognons de phosphates, rares Ammonites et bois flotté..	15 m
4. sable blanc jaunâtre grossier.	10
3. sable argileux noirâtre.	2
2. argile plastique, Ammonites (<i>Parahopl. deshayesi</i>), <i>Exogyra aquila</i> .	10
1. couche rouge de Wassy.	10 à 20 m

Les couches 2 et 3 sont attribuées à l'Aptien, les couches 5 et 6 sont l'Albien classique, mais l'attribution à l'un ou l'autre de ces étages des sables blancs intermédiaires (4) a fait l'objet de nombreuses controverses.

Longtemps confondus avec la base des sables verts albiens, ils furent rapportés à l'Aptien terminal, grâce à la découverte de deux *Exogyra aquila* dans les carrières de Valcourt [Cornuel, 1851]. L. Renevier [1855], E. Tombeck [1874], Ch. Barrois [1878] se rangèrent à ces vues. Un peu plus tard, J. Cornuel [1881] revint sur sa première interprétation et assimila les sables blanc jaunâtre de Valcourt aux sables ferrugineux barrémiens du Puits-Royot et considéra l'ensemble comme « atterrissements » (= alluvions) de l'ancien lit de la Moselle, les *Exogyra aquila* trouvées à Valcourt étant, à son avis, roulées. Cette hypothèse fut combattue par E. Royer, Ch. Péron et P. Thiéry [1905-1910] qui rattachent ces sables à l'Aptien supérieur, cependant que J. Houdard [1911, puis 1939] pense qu'ils marquent le début de la transgression albienne. G. Corroy [1922-27] affirme que cette formation marque la fin de l'étage aptien. En 1945, le forage d'un puits à l'E de Valcourt remit en question le problème de la position stratigraphique des sables

1. Note présentée à la séance du 6 décembre 1954.

blancs, à la suite de la mise à jour sous le sable blanc d'un sable siliceux brun compact devenant plus foncé avec la profondeur pour être presque noir à 11,50 m. Ce même sable vert noirâtre, déjà connu sur les bords de la Marne à Saint-Dizier, surmontant l'argile aptienne, avait été qualifié de sable vert de l'Albien inférieur par les auteurs. M. Millot, dans un rapport inédit sur l'alimentation en eau potable de la commune de Valcourt¹ s'exprime ainsi :

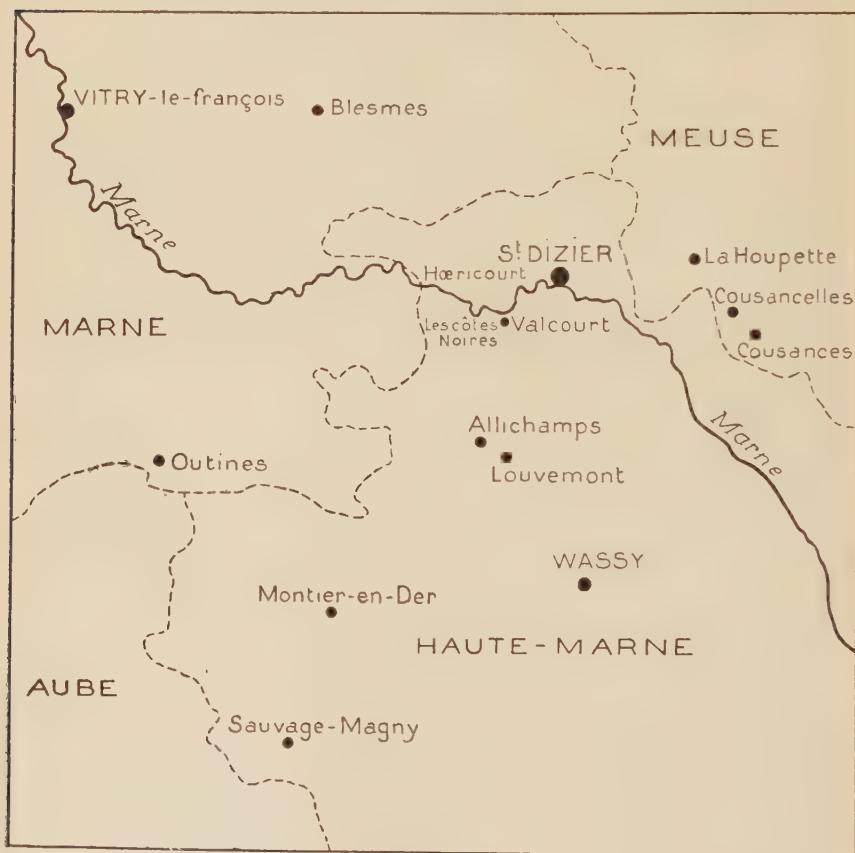


FIG. 1. — Carte de la région de Saint-Dizier (d'après la carte de Metz au 320 000^e).

« Je ne crois pas que ces sables soient les grès verts, mais plutôt la couche de passage du Gargasien au Bédoulien ». D'autre part, dans un travail récent, M. V. Stchépinsky [1953] annonce la découverte d'un banc à *Exogyra aquila* dans les sables blancs du sondage d'Outines (Marne).

1. M. le professeur Millot a eu l'amabilité de me communiquer son rapport sur l'alimentation en eau potable de la commune de Valcourt, ainsi que plusieurs coupes de sondages effectués sous sa direction dans les environs de Saint-Dizier.

Le problème consistait donc à dater avec précision cette couche de sable blanc et à établir ses rapports, d'une part avec le sable vert albien typique qui la surmonte sans ambiguïté aux Côtes Noires et, d'autre part, avec le sable vert noirâtre sous-jacent trouvé dans le puits de Valcourt.

Pour ce travail, j'ai étudié de nombreuses coupes stratigraphiques sur le terrain et les coupes de sondages qui m'ont été communiquées par MM. Millot et Stéhépinsky. Le sable blanc ne contenant que quelques rares *Exogyra aquila* et quelques débris de bois fossile, j'ai abordé le problème par l'analyse sédimentologique des différents sables en choisissant parmi tous les échantillons récoltés ceux recueillis dans les quatre coupes géologiques suivantes, bien établies, et disposées géographiquement suivant un triangle.

1. SAUVAGE MAGNY : A 35 km au SSW de Saint-Dizier ; c'est le point le plus éloigné de Saint-Dizier où le sable blanc soit connu.

Une première carrière à l'E du village montre la coupe suivante :

limous	1 m
sables verts	2 m
sable blanc	5 m

Ce sable blanc contient du bois fossile et des vertèbres de Poissons téléostéens. Le bois, mal conservé, possède certains caractères de *Cupressinoxylon hortii* STOPES, mais il en diffère très nettement par ses rayons ligneux unisériés qui n'existent pas chez *C. hortii*. A cause de son mauvais état de conservation, je rapporte cet échantillon avec un certain doute à *Podocarpoxylon woburnense* STOPES du Lowergreensand (Aptien) d'Angleterre. Il présente les caractères suivants :

Podocarpoxylon cf. woburnense STOPES [1915, p. 213] (Pl. XXV, fig. 1, 2). —
COUPE TRANSVERSALE : pas d'alternance nette des bois initial et final, le bois final ne possédant que 4 à 10 assises de cellules écrasées et la transition entre les deux sortes de bois se faisant progressivement. Les trachéides à section généralement quadrangulaire, avec de petits méats, sont disposées en files radiales séparées par d'étroites bandes formées de cellules allongées des rayons ligneux. Ceux-ci sont séparés par 2 à 13 files de trachéides remplies d'un contenu résineux noir ambré. Bois initial : dimensions du lumen de la trachéide ; longueur radiale, 21 à 26 μ , mais pouvant atteindre 13 à 34 μ ; largeur tangentielle, 13 à 25 μ ; épaisseur de la double paroi, 5 à 10 μ . Bois final : dimensions du lumen de la trachéide ; longueur radiale, 2,5 μ ; largeur tangentielle, 15 à 25 μ ; épaisseur de la double paroi, tangentielle, 5 à 10 μ , radiale, 10 à 18 μ . Pas de canaux sécréteurs.

COUPE RADIALE : paroi des trachéides, ponctuations plus ou moins circulaires, très altérées et dont on ne voit généralement plus que la limite

externe, unisériées. Dimensions : 25 à 30 μ . Rayons ligneux composés de cellules rectangulaires de 25 à 40 μ de hauteur. Ponctuations de champ de croisement difficilement visibles, arrondies. Diamètre de ces ponctuations : 10 à 13 μ .

COUPE TANGENTIELLE : rayons ligneux comportant de 1 à 26 cellules, mais plus généralement, on en compte une dizaine. Ce sont des cellules circulaires ou ovales, allongées dans le sens tangentiel, toujours unisériées. Dimensions : largeur, 13 à 25 μ ; hauteur, 25 à 35 μ ; il existe du parenchyme vertical dressé avec un contenu résineux ambré.

Une deuxième carrière, à l'E de la première, est uniquement creusée dans le sable blanc : il est très compact, veiné de lignes ferrugineuses ondulées. A la base de la carrière, on trouve un sable vert qui constitue certainement le passage à l'argile à Plicatules. Les carrières ainsi creusées dans le sable blanc ne touchent jamais l'argile à cause du niveau aquifère existant à la base de ce sable.

L'étude pétrographique des sables vert et blanc de la première carrière et du sable vert (équivalent du sable noir) de la base de la seconde m'a donné les résultats suivants :

GRANULOMÉTRIE (fig. 2 A). Après le dépôt de l'argile à Plicatules commence une régression au cours de laquelle se dépose un sédiment sableux vert noirâtre sur des fonds de 30 à 50 m. Cette régression s'accroît avec le dépôt du sable blanc littoral, mais non de plage. Le sable vert qui surmonte ce sable blanc est tout à fait différent des deux premiers ; il est l'indice d'un approfondissement assez brusque, marquant le début d'une transgression.

MORPHOSCOPIE. Le sable vert de base (= sable noir) est nettement marin (66 % de grains émoussés luisants) ; le sable blanc l'est également (66 % de grains émoussés-luisants) ; le sable vert albien est encore marin (52 % de grains émoussés luisants) mais il contient une forte proportion de grains cassés et piquetés (mats non ronds : 38 %), ce qui indiquerait un affaissement du fond de la mer et une reprise de l'érosion sur le continent.

MINÉRAUX LOURDS. Aucune différence nette n'apparaît entre les minéraux des sédiments étudiés. On peut noter cependant une augmentation considérable du zircon ainsi que la disparition complète du disthène dans le dépôt du sable vert albien.

2. LOUEMONT. — Le sable blanc y est exploité en de nombreuses carrières. Quatre d'entre elles permettent de réaliser une coupe générale allant du sable blanc jusqu'à l'argile du Gault :

Actuel	terre végétale.....	0,50 m
Albien	{ argile du Gault.	0,45
	{ couche de passage, conglomératique, gréseuse, noirâtre, ferrugineuse avec bois fossile.....	0,20
	{ sable vert clair argileux.....	3,50
	{ sable vert foncé.	1,50
Aptien sup.	{ sable gris.....	2,00
	{ sable blanc.	

A l'W du village, une carrière et un sondage opportun effectué à sa base ont donné une coupe détaillée du passage du sable vert au sable blanc :

	limon quaternaire	0,70 m
Albien	{ Albien remanié	2,65
	{ sable vert.	6,18
	{ sable vert devenant grossier avec bois fossile.	6,28
	{ sable blanc gris avec grains de glauconie.	6,93
Aptien	{ sable blanc plus ou moins ferrugineux, plus ou moins panaché de gris	15,04
	{ sable argileux compact, noir	
	{ sable noir avec traces de glauconie	16,21

Le bois fossile trouvé au sommet du sable gris n'est pas dans un bon état de conservation : il semble cependant posséder tous les caractères de *Cupressinoxylon vectense* BARBER, du Lowergreen-sand (Aptien) d'Angleterre.

Cupressinoxylon cf. vectense BARBER [Barber, 1898, pl. XIII, XIV; Stopes, 1915, p. 169, fig. 50, pl. XV] (Pl. XXV, fig. 3, 4). — COUPE TRANSVERSALE : on observe une alternance très nette des bois initiaux et finaux, les zones de bois initial étant beaucoup plus réduites (4 à 10 rangées de trachéides) que les zones de bois final (20 à 40 rangées de trachéides). Bois initial : sections des trachéides quadrangulaires ou hexagonales, laissant entre elles des méats intercellulaires très réduits. Les trachéides sont disposées en files radiales assez irrégulières, séparées par des traînées étroites de cellules de rayons ligneux. Entre les rayons ligneux, on peut compter 3 à 12 files de trachéides. Diamètre de lumen des trachéides, 28 à 35 μ ; épaisseur de la double paroi des trachéides, 7,5 μ . Certaines cellules montrent un contenu résineux noir ou brun. Bois final : la section des trachéides est rectangulaire, aplatie. Il existe de petits méats intercellulaires. Dimension des trachéides : longueur radiale, 10 à 20 μ ; largeur tangentielle, 25 à 37,5 μ ; épaisseur de la double paroi, 7 à 10 μ . Pas de canaux sécréteurs.

COUPE RADIALE : paroi des trachéides, ponctuations aréolées circulaires (intérieurement et extérieurement), unisériées, très généralement espacées, rarement en contact, avec un écrasement léger. Taille des ponctuations : 12 à 16 μ . Lumen elliptique mesurant environ 3,5 μ , le plus souvent très altéré ; peut alors paraître beaucoup plus grand (jusqu'à 12,5 μ). Rayons ligneux : possèdent des cellules rectangulaires de 12 à 55,5 μ de largeur, à parois horizontales paraissant lisses et minces. Ponctuations de champs de croisement elliptiques, le plus grand diamètre mesurant environ 7 μ . Il en existe une ou deux par champ, généralement deux dans le bois initial.

COUPE TANGENTIELLE : pas de ponctuations sur les parois des trachéides. Les rayons ligneux sont très nombreux, toujours unisériés, comprenant de 1 à 14 cellules ovales plus ou moins allongées dans le sens vertical. Hauteur des cellules des rayons ligneux : 13 à 23 μ . Largeur tangentielle des rayons ligneux : 10 à 16 μ . Il existe des cellules verticales du parenchyme résinifère, mais elles sont très difficiles à observer car leurs parois transversales sont rarement visibles et, de plus, presque toutes les trachéides renferment un contenu résineux.

L'étude pétrographique d'un échantillon de sable noir prélevé à 15,75 m de profondeur, celle d'un échantillon de sable blanc pris à 10,80 m de profondeur et celle d'un sable vert récolté sur la paroi de la carrière m'ont donné les résultats suivants.

GRANULOMÉTRIE (fig. 2 B). Le sable noir montre, ici aussi, un début de régression continuant par le dépôt de sable blanc encore plus côtier qu'à Sauvage-Magny. Le sable vert est l'indice d'un approfondissement, un peu moins brusque cependant qu'au dernier village cité.

MORPHOSCOPIE. Les sables noir et blanc sont des sédiments nettement marins contenant respectivement 63 et 62 % de grains émoussés luisants. Comme à Sauvage-Magny, le sable vert, possédant 46 % de grains mats et cassés pour 26 % de grains émoussés luisants, marquerait un affaissement du fond marin avec recreusement du niveau de base des rivières.

MINÉRAUX LOURDS. Mêmes résultats qu'à Sauvage-Magny : disparition complète du disthène et augmentation considérable du zircon pendant le dépôt du sable vert.

3. LA MARNE A SAINT-DIZIER. — L'argile aptienne à *Parahoplites deshayesi* est surmontée, au pied de l'église de Lanoue, par un sédiment sablo-argileux très noir, glauconieux, qui avait longtemps été pris pour l'Albien inférieur. Ce sable noir est visible depuis l'église de Lanoue jusqu'au lieu dit « Les Pénissières » et au delà. Grâce à la boucle de la Marne au Château Renard, on peut observer le contact de ce sable avec l'argile bédoulienne à *P. deshayesi*. En voici la coupe :

sable noir à *Exogyra aquila*
sable noir à petits cristaux de gypse
argile noirâtre très sableuse
argile plastique à *P. deshayesi*.

Si on continue de suivre le cours de la Marne vers l'aval, on peut constater que ce sable noir est surmonté par le sable blanc (scierie de Valcourt et carrières environnantes) contenant de gros bancs de grès subhorizontaux et des *Exogyra aquila* plus ou moins roulées. Le champ d'aviation de Saint-Dizier est bâti sur ce sable, qui affleure jusqu'à Hoëricourt. A l'entrée du village de Valcourt, on voit, sur les berges de la Marne, un sable gris qui constitue le passage entre les sables blanc (aptien) et vert (albien). A Moëlain, de magnifiques carrières, aujourd'hui abandonnées, permettent de voir la coupe suivante :

argile du Gault
sable vert noirâtre, très argileux, finement micacé, avec petits grains de quartz et galets roulés
sable vert fossilifère, avec bancs de grès vert
sable blanc (dans l'ancienne galerie d'exploitation).

Au lieu dit « les Côtes Noires », on voit sur la rive gauche de la Marne, haute et abrupte, une coupe allant du sable blanc (dans le lit de la Marne et sur la rive droite) à l'argile grise de l'Albien supérieur.

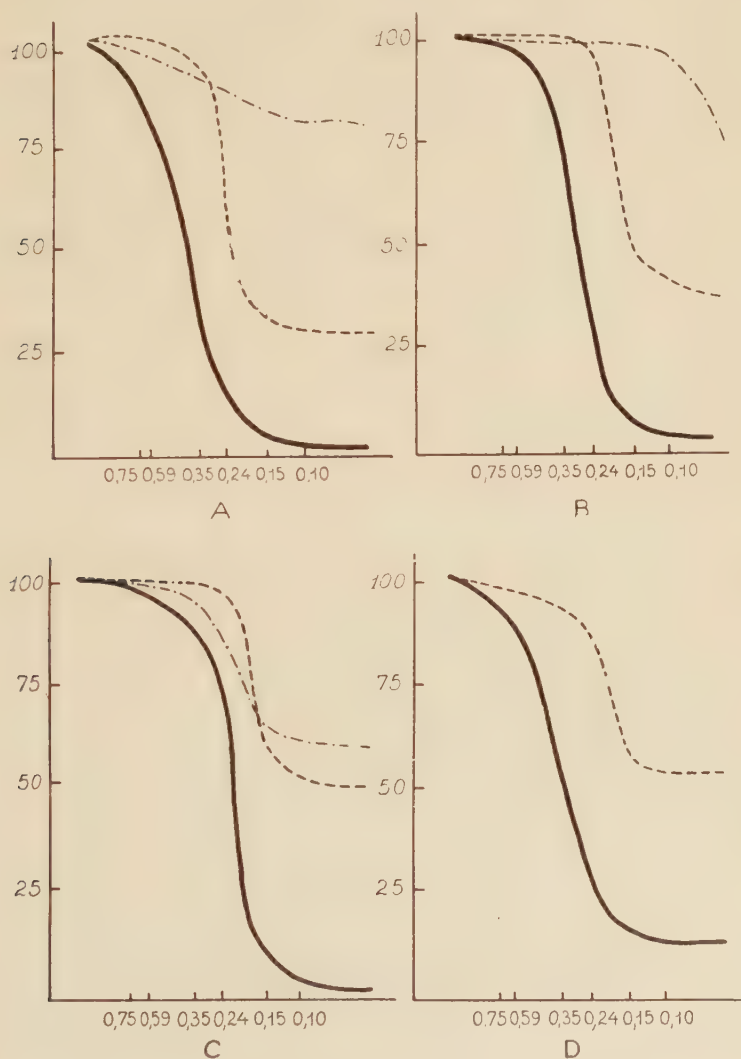


FIG. 2. — Courbes granulométriques (coord. semi-logarithm.).

x : dimensions moyennes des grains en millimètres ; y : masses cumulatives des sédiments en grammes. --- : sable noir ; — : sable blanc ; -.-.- : sable vert ; A : Sauvagne-Magny ; B : Louvemont ; C : Saint-Dizier ; D : Outines.

J'ai effectué la granulométrie (fig. 2 C), la morphoscopie et l'analyse des minéraux lourds d'un échantillon de sable noir prélevé sur les berges de la Marne au Château Renard, d'un échantillon de sable blanc pris à Hoëricourt et d'un échantillon de sable vert ramassé aux Côtes Noires. Les résultats sont identiques aux précédents ; ils décèlent toutefois une proximité plus grande du rivage pendant le dépôt du sable noir, un caractère typique de plage au cours de la sédimentation du sable blanc, et une accumulation du sable vert à une profondeur un peu plus faible qu'aux deux villages étudiés plus haut.

4. OUTINES. — Dans le département de la Marne, à une vingtaine de kilomètres à l'WSW de Saint-Dizier, le Génie rural a fait exécuter un sondage au village d'Outines. Ce sondage, interprété par M. Stchépinsky, apporte une confirmation aux résultats précédents. En voici la coupe :

Actuel	terre végétale et limon.....	1,60 m
Albien remanié	argile calcareuse....	4,10
Albien sup.	{ argile plastique argile sableuse	54,00
Albien inf.	{ sable argileux gris verdâtre sable glauconieux.....	14,50
Aptien sup.	{ sable grossier gris blanc sable grossier dur, riche en <i>Exogyra aquila</i> sable fin argileux gris clair.	10,57
	{ argile gris clair sableuse, puis dure, plastique ..	1,73
	Aptien inf.	

Nous constatons ici que l'épaisseur des terrains augmente en allant vers l'W, tandis que le faciès de l'Albien inférieur devient plus profond (faune à Ammonites), l'ensemble plongeant vers l'W.

La pétrographie des échantillons du sondage, qui m'ont été aimablement communiqués par M. Stchépinsky, me donne les résultats suivants (fig. 2 D) : le sable noir, prélevé à 84 m de profondeur, est l'indice d'un dépôt marin, toutefois plus près du rivage ici qu'à Louvemont et à Sauvage-Magny. Le sable blanc, pris à 76 m de profondeur, marque un épisode de régression qui s'accroît depuis le dépôt précédent. De plus, les apports continentaux ne se font plus sentir, ce qui montre qu'ils venaient surtout du NE. Je n'ai malheureusement pas eu de sable vert en assez grande quantité pour en faire l'étude pétrographique.

CONCLUSION. — Après le dépôt de l'argile aptienne à grandes Ammonites, une régression est amorcée par le dépôt du sable noir,

toujours présent entre l'argile à Plicatules et à Ammonites et le sable blanc, et contenant de nombreuses *Exogyra aquila*.

Cette régression se poursuit par la sédimentation du sable blanc à nets caractères de plage. Celui-ci renferme des *Exogyra aquila*, du bois aptien et des vertèbres de Téléostéens ; la morphoscopie y décèle des apports terrigènes venant du NE et les minéraux

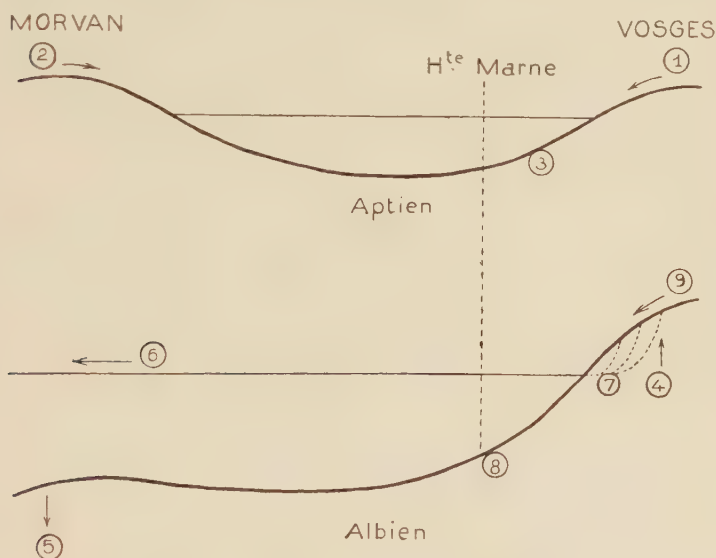


FIG. 3. — Schéma de la transgression albiennienne dans le détroit morvano-vosgien.

1 à 3 : APTIEN. Phase de transport et de dépôts littoraux morvano-vosgiens (1, apports sans disthène ; 2, apports avec disthène ; 3, sédiments littoraux).

4 à 9 : ALBIEN INFÉRIEUR. 4 à 6 : phase de mouvement et de transgression (4, surrection des Vosges ; 5, affaissement du Morvan ; 6, transgression envahissant le Morvan septentrional). — 7 à 9 : phase d'érosion, de transport et de dépôts vosgiens (7, reprise de l'érosion-sable à grains mats et cassés ; 8, sédiments à caractère transgressifs ; 9, apports sans disthène).

lourds (présence de disthène) font supposer que les sédiments venus du Massif Central se mélangeaient à ceux venant des Vosges. D'une façon générale, qu'il s'agisse du sable noir, du sable blanc ou du sable vert, il semble que les dépôts soient plus côtiers au NE qu'au SW de la région étudiée.

A ce faciès sableux grossier et détritique succède un faciès de sable vert très fin, riche en glauconie et en « coquins » de phosphate. Cette association démontre la communauté de leur zone topographique : zone néritique, la glauconie accompagnant le plus souvent les phénomènes de transgression [Visse, 1953].

La granulométrie et la morphoscopie indiquent que ce niveau est transgressif ; les minéraux lourds prouvent, comme la morphoscopie, que l'érosion était plus active pendant le dépôt du sable vert que pendant celui du sable blanc, et que l'influence du Morvan ne se faisait plus du tout sentir (disparition totale du disthène). La transgression ayant envahi la bordure nord du Massif Central (sur la feuille d'Avallon, on voit des lambeaux d'Albien — sables verts — qui reposent sur du Trias), entraîna un éloignement du rivage, à la suite de quoi les sédiments provenant du socle métamorphique n'arrivaient plus jusqu'en Haute-Marne. De plus, la faune recueillie dans l'argile sous-jacente du sable noir est bédoulienne (Aptien inf.) ; celle que renferme le sable vert est indiscutablement albienne.

Donc, tout contribue à conclure que le sable blanc marque la fin de l'étage aptien. C'est un dépôt de plage, sinon de delta, assez variable dans son épaisseur, mais toujours présent ainsi que le sable noir (gris-verdâtre) qu'il surmonte ; tandis que le dépôt de sable vert, indice d'un mouvement d'affaissement ou de bascule, marque le début de la grande transgression albo-cénomaniennne (fig. 3).

BIBLIOGRAPHIE

- ABRARD R. et CORROY G. (1927). — Étude sur la double faille de la Marne et des régions voisines. *Bull. Serv. Carte géol. France*, t. XXX, n° 165, p. 479-502.
- BARBER (1898). — *Ann. Bot.*, vol. 12, p. 337.
- BARROIS Ch. (1878). — Mémoire sur le terrain crétacé des Ardennes et des régions voisines. *Ann. Soc. géol. Nord*, t. V, p. 227.
- CORNUEL J. (1851). — Catalogue des coquilles de Mollusques entomostracés et Foraminifères du terrain crétacé inf. de la Haute-Marne, avec diverses observations relatives à ce terrain. *B. S. G. F.*, (2), VIII, p. 430-456.
- (1881). — Notice sur un ancien cours d'eau à Saint-Dizier. *Mém. Soc. Lettres, Sc., Arts, Agric. et Ind. Saint-Dizier*, t. I, p. 173-184.
- (1882). — Réponse au sujet de l'absence de galets dans les atterrissements d'un ancien cours d'eau à Saint-Dizier, *Ibid.*, t. I, p. 202-209.
- (1882). — Deuxième réponse de M. Cornuel. *Ibid.*, t. I, p. 232-249.
- (1886). — Liste des fossiles du terrain crétacé inf. de la Haute-Marne. *B. S. G. F.*, (3), XIV, p. 312 et suiv.

- CORROY G. (1922-23). — Révision de la feuille de Wassy au 80 000^e. Terrain crétacé. *Bull. Serv. Carte géol. France*, t. XXVII, n° 151, p. 131-135.
- (1925). — Le Néocomien de la bordure orientale du bassin de Paris. Thèse. *Bull. Soc. Sc. Nancy*, IV^e sér., t. II.
- DENAËYER M. E. (1951). — Tableaux de pétrographie. Paris. Ed. Lamarre.
- DUPLAIX S. (1948). — Détermination microscopique des minéraux des sables. Paris. Ch. Béranger.
- GILLET S. (1924). — Études sur les Lamellibranches néocomiens, *Mém. Soc. géol. France*, nouv. sér., n° 3.
- HOUDARD J. (1911). — Sur la position stratigraphique des sables et grès jaunâtres de la Haute-Marne. *Bull. Soc. Sc. nat. Haute-Marne*. Chaumont.
- (1939). — L'étage albien et sa faune aux environs de Saint-Dizier (Haute-Marne). *B. S. G. F.*, (5), IX, p. 625-636.
- LAMARCK J. B. (1819). — Histoire naturelle des animaux sans vertèbres, t. IV, p. 199, n° 7.
- ORBIGNY A. D' (1847). — Paléontologie française. Terrain crétacé.
- PÉRON Ch. (1905). — Aptien du bassin de Paris. *B. S. G. F.*, (4), V, p. 370.
- RÉNEVIER E. (1885). — Parallélisme des terrains crétacés inférieurs de l'arrondissement de Wassy (Haute-Marne) avec ceux de la Suisse occidentale. *B. S. G. F.*, (2), XII, p. 89-97.
- RIVIÈRE A. (1952). — Sur la représentation graphique de la granulométrie des sédiments meubles. Interprétation des courbes et applications. *Ibid.*, (6), II, p. 145.
- ROYER E. (1881). — Rapport fait à la Société des Lettres, des Sciences, des Arts... de Saint-Dizier, sur une notice de M. Cornuel relative à un ancien cours d'eau à Saint-Dizier. *Mém. Soc. Lettres, Sc., Arts, Agric. et Ind. Saint-Dizier*. t. 1, p. 187-198.
- (1882). — Rapport fait à la Société des Lettres de Saint-Dizier, sur un deuxième mémoire présenté à la Société par M. Cornuel, relatif au Puits-Royot. *Ibid.*, t. I, p. 213-230.
- STCHÉPINSKY V. (1949). — Géologie de la région de Nancy. *Cahiers haut-marnais*, n° 16, p. 2-4, Chaumont.
- (1949). — Géologie et ressources minérales de la commune de Saint-Dizier. *Ibid.*, n° 18-19 et 20.
- (1952). — Stratigraphie de la Haute-Marne. *Ibid.*, n° 30.
- (1953). — Données nouvelles sur l'Albien et l'Aptien de la Champagne humide. *C. R. Ac. Sc.*, t. 237, p. 489-491.
- STOPES M. C. (1915). — Catalogue of the mesozoic plants in the British Museum. The cretaceous flora, part II, Lowergreensand.
- THIÉRY P. (1910). — Notice géologique sur le département de la Haute-Marne. *Bull. Soc. Sc. nat. Haute-Marne*, 18 p., 359 fig. Chaumont.
- TOMBECK H. (1874). — Note sur la présence du Gault à Montiérender (Haute-Marne). *B. S. G. F.*, (3), III, p. 49-50.
- VATAN A. (1937). — Étude minéralogique comparée des sédiments arénacés du bassin de Paris. *C. R. Ac. Sc.*, t. 205, p. 70.
- VISSE L.-D. (1953). — Les faciès phosphatés. *Rev. Inst. fr. Pétrole et Ann. Combust. liquides*. N° spéc.
-

LÉGENDE DE LA PLANCHE XXV

9

FIG. 1 et 2. — *Podocarpoxylon cf. woburnense* STOPES. Ma collection.

1 : coupe transversale, $\times 100$; 2 : coupe tangentielle, $\times 200$.

FIG. 3 et 4. — *Cupressinoxylon cf. vectense* BARBER. Ma collection.

3 : coupe transversale, $\times 100$; 4 : coupe tangentielle, $\times 200$.

t : trachéides ; cl : cellules des rayons ligneux ; bi : bois initial ; bf : bois final ; p : parois transversales des cellules verticales du parenchyme résinifère ; rl : rayon ligneux ; pc : ponctuations de champs de croisement.

LE CRÉTACÉ INFÉRIEUR DE L'EST DU BASSIN DE PARIS D'APRÈS LES DONNÉES NOUVELLES

PAR **Vladimir Stchépinsky** ¹.

Sommaire. — Les recherches effectuées par l'auteur depuis 1947, complétées depuis 1952 par celles de jeunes géologues, ont permis de préciser l'histoire géologique du Crétacé inférieur de la Haute-Marne et des régions voisines, en déterminant les transgressions et régressions successives, du Valanginien à l'Albien.

Historique des recherches.

L'étude du Crétacé inférieur de la Haute-Marne, de la Meuse et de l'Aube a commencé il y a un peu plus de cent ans. Au siècle dernier, J. Cornuel pour la Haute-Marne, A. Leymerie pour l'Aube et A. Buvignier pour la Meuse, avaient inlassablement étudié les coupes naturelles et surtout artificielles, ouvertes pour l'exploitation du fer, de l'argile et du sable. Cependant, par suite des variations latérales de faciès, le fer exploitable n'apparaissait qu'en certains endroits ; les faciès « stériles » étaient très peu étudiés en ce qui concerne le Valanginien et le Barrémien et par conséquent les étages voisins. L'étude paléontologique fut menée par de grands paléontologistes classiques, tels que d'Orbigny et Deshayes, auxquels s'ajoutèrent d'autres savants comme Tombeck et Royer, mais, en dehors de quelques points, l'étude de la répartition géographique des fossiles ne fut pas poursuivie et les divisions stratigraphiques restèrent mal établies.

Au début du siècle, P. Thiéry [1910] publia une notice résumant les travaux antérieurs, en les mettant en conformité avec les divisions stratigraphiques modernes. Plus tard, entre 1920 et 1930, d'importants travaux de M^{lle} S. Gillet et M. G. Corroy reprirent l'étude du Crétacé de l'Est ; leur tâche était d'ailleurs rendue difficile, car l'état des anciennes « minières » et carrières d'argile ne permettait plus d'observer les belles coupes visibles au siècle dernier. Aux auteurs précédents s'ajoute le nom du regretté J. Houdard en ce qui concerne l'Albien.

En 1947, grâce à l'appui du Centre national de la Recherche scientifique, j'ai pu entreprendre une étude systématique de la géologie de la Haute-Marne, étendue par la suite aux départements voisins. Mes recherches sur le terrain ont été heureusement facilitées par de nombreux travaux de terrassement effectués dans la région : pose d'une conduite de gaz recoupant le N de la Haute-Marne, recherches par puits pour la nouvelle cité près de Saint-Dizier, importants travaux pour les conduites d'eau potable, tra-

1. Note présentée à la séance du 22 novembre 1954.

6 juin 1955.

Bull. Soc. Géol. Fr. (6), IV. — 38

vaux de reconnaissance géologique pour les projets de création de canaux et de réservoirs entre Saint-Dizier et Troyes entrepris par la Préfecture de la Seine sous la direction de M. H. Botton, etc... Cette fois les travaux n'étaient plus concentrés aux endroits miniers et permettaient d'observer toutes les variations de faciès, d'avoir les côtes précises et par conséquent les épaisseurs des couches.

Depuis 1952, une équipe de jeunes géologues, élèves de M. le Professeur P. Pruvost, a grandement contribué à l'étude du Crétacé de cette région¹. On peut résumer de la façon suivante les résultats obtenus.

Histoire géologique du Crétacé.

SUBSTRATUM JURASSIQUE. — Pour des raisons d'ordre pratique on distingue, sur les cartes, le Portlandien inférieur et supérieur; mais, en réalité, seul le terme inférieur, ou Bononien, est représenté dans l'E du bassin de Paris. La zone à *Cyrena rugosa* termine l'étag. Après les profondeurs maxima correspondant au faciès marneux du Kimméridgien supérieur, la mer portlandienne a subi une diminution de profondeur très progressive : à l'alternance de marnes et de calcaires marneux de la puissante zone à *Pachyceras*, contenant encore *Exogyra virgula* dans les marnes de base, ont succédé des calcaires dans l'ordre suivant (zone à *Cyprina bron-gniarti*) :

banc dit « Oolithe de Bure », très peu constant ;
calcaire dur, parfois carié par les eaux ;
calcaire relativement plus tendre tacheté, riche en Mollusques variés ;
calcaire lithographique très dur, en corniche, dit « tubuleux » à cause des perforations laissées par les Vers marins (niveau constant), contenant une faune très peu profonde riche en Cérithes.

Cette partie inférieure du Portlandien est partout présente. Il n'en est pas de même en ce qui concerne le terme supérieur à *C. rugosa* qui correspond à une accélération brusque de la régression : présent dans la Meuse, il est limité au S, dans la Haute-Marne, par une ligne passant par Osne-le-Val, Joinville, Blécourt,

1. M^{lle} L. BERTRAND a étudié le Valanginien [1953] et l'Aptien supérieur [1954] de la Haute-Marne ; Cl. MÉGNIEN, la région de la double faille de la Marne dans la Meuse [1953] ; Max DEBRENNE, une région située à l'E de Saint-Dizier (Rapp. inédit 1953) ; M^{me} F. DEBRENNE, le Valanginien et l'Hauterivien de l'Aube [1954] ; M^{lle} P. GILLARD a effectué l'étude paléontologique de l'Albien [1954], A. STCHÉPINSKY, celle des Ostracodes du Crétacé de la Haute-Marne [1954]. Enfin deux Diplômes d'Études supérieures sont en préparation : M^{lle} J. Courty, sur l'Hauterivien de la Haute-Marne et J. Laffaille sur le substratum portlandien.

Doulevant-le-Château et Villiers-aux-Chênes qu'il ne dépasse pas à l'W, en remontant vers le N par la vallée de la Blaise jusqu'à Wassy. Il n'existe pas dans l'Aube. Ce faciès tout à fait littoral possède une composition lithologique très variée, aussi bien verticalement que latéralement. Sa faune est très peu variée, mais riche en individus. *Corbula inflexa*, qui couvre des plaquettes entières de calcaires marneux et remplit le calcaire oolithique vacuolaire, y est beaucoup plus fréquente que *Cyrena rugosa*. Les Gastéropodes y sont assez répandus dans la Meuse ; je les ai également découverts dans les affleurements du lit de la Marne au Clos-Mortier à Saint-Dizier [1954]. Au point de vue lithologique un gros banc de calcaire oolithique vacuolaire ou plusieurs petits bancs du même calcaire, s'intercalent entre des calcaires marneux ou sableux ; la nature gréseuse prédomine vers la limite méridionale (Joinville). L'épaisseur est variable, mais ne dépasse pas 10 m, dont 3,5 m au maximum pour le banc d'oolithe vacuolaire.

VALANGINIEN. — La première transgression crétacée a rencontré une surface profondément érodée pendant l'exondaison correspondant au Portlandien supérieur et, par suite de ce mouvement tectonique positif, c'est une mer peu profonde qui a envahi une partie de nos régions. La transgression a suivi les dépressions, les chénaux, laissant les plus hauts sommets exondés dans la Haute-Marne, tandis que l'Aube n'a pas été atteinte par les eaux marines. En effet, les collections paléontologiques J. Cornuel de la Haute-Marne conservées au Musée de Saint-Dizier et révisées par M^{lle} L. Bertrand [1953] offrent une faune marine littorale très variée provenant des dépôts argilo-sableux à fer géodique et des « marnes argileuses noires à Tortues » qui existent en certains endroits à la base, tandis que les sables fins blancs ne s'observent au sommet du Valanginien que très rarement : entre Brousseval et Domblain et au N de Chamouilley (découverte récente). Dans l'Aube, par contre, le Valanginien n'est formé que de ces sables dunaires, car le calcaire dit « Pierre de Fouchères », considéré comme valanginien, représente en réalité la base de l'Hauterivien [F. Debrenne, 1954]. On peut en conclure qu'une légère régression s'est produite à la fin du Valanginien dans le détroit situé à l'E de l'Aube. Plus à l'E, dans la Meuse, la forêt de Valtieremont permet d'observer dans l'un de ces gouffres karstiques qui y sont abondants, une belle coupe, visible à 1,5 km à l'ESE d'Ancerville, dans un véritable boyau, sur une longueur de 200 m. Le Valanginien intercalé entre le Portlandien et l'Hauterivien s'y présente comme suit du bas vers le haut :

sable ferrugineux, sable blanc avec lits de lignite à stratification entrecroisée (alternances multiples de minces couches de sable blanc et brun très fin). L'ensemble est dépourvu de fossiles et constitue une formation continentale.

L'épaisseur du Valanginien, mesurée avec précision en divers points de la Haute-Marne, est de 7-8 m; à l'E de Saint-Dizier, au Vert-Bois, elle est comprise entre 142 et 149 m; à l'W, elle mesure 7 m entre Valerest et Domblain et près de Villiers-aux-Chênes.

Pour la liste faunique voir L. Bertrand [1953].

HAUTERIVIEN. — Cet étage, que les géologues du ^{xix}e siècle divisaient en « Marnes calcaires bleues » et « Calcaires à Spatangues », commence par une nouvelle transgression générale recouvrant une grande partie des trois départements cités. Cependant, malgré ce caractère général, la base de l'étage est très variable et un nouveau mouvement tectonique sépare cette base des « Calcaires à Spatangues », partout assez semblables, et qui correspondent à une augmentation rapide des profondeurs débutant par un petit conglomérat de base, visible par exemple dans une ancienne carrière de Brousseval sur la route de Joinville.

Le terme inférieur se présente dans l'Aube sous forme de la « Pierre de Fouchères », calcaire dur, grenu, zoogène, grisâtre, glauconieux, lumachellique, riche en débris de fossiles. M^{me} Debrenne [1954] a déterminé une quarantaine d'espèces trouvées dans le département de l'Aube : 2 Polypiers, 4 Échinodermes, 3 Annélides, 3 Brachiopodes, 18 Lamellibranches, 6 Gastéropodes, 2 Ammonites et 1 Nautilé, et indique la présence de Spongiaires et de Foraminifères. Il est intéressant de noter la présence de *Leopoldia leopoldina* et d'*Acanthodiscus radiatus* qui, à mon avis, tranchent la question de l'âge de ces calcaires appartenant à l'Hauterivien inférieur. *Exogyra couloni* possède aussi son maximum de développement dans l'Hauterivien, de même que *Toxaster retusus*. Il s'agit d'un faciès littoral en communication avec la haute mer. La glauconie indique généralement une transgression. Dans la Haute-Marne et dans la Meuse, la base de l'Hauterivien est très variable d'un point à l'autre, mais elle contient toujours en grande quantité la même faune que les « Calcaires à Spatangues ». Les marnes, quand elles existent, sont plus ou moins calcaires, blanc-jaunâtre ou bleuâtres, homogènes ou avec intercalations de bancs calcaires (gouffre d'Ancerville par ex.). Dans le lit de la Marne à Saint-Dizier, j'ai pu observer des calcaires marneux grisâtres en plaquettes, friables, à sections de Serpules, puis des marnes calcaires grises en plaquettes, friables, à inclusions de fer géodique et à *Camptonectes striato-punctatum* ROEMER, *Exogyra tombecki* D'ORB., *Harpagodes* sp. et *Serpula* sp. A l'E de Saint-Dizier, ces marnes calcaires s'observent également dans les tranchées et dans une ancienne minière à la lisière du Vert-Bois (Marnaval, quartier des Clefmonts) avec une épaisseur réduite à 1 m environ. Entre Chamouilley et Narcy, elles font défaut de même qu'au N de Saint-Dizier : à Bettancourt-la-Ferrée et sur la route nationale de Bar-le-Duc au N de Sommelonne. Dans la vallée de la Blaise près de Brousseval (carrière déjà citée), les marnes calcaires blanchâtres reposent en discordance angulaire très nette sur les sables danubiens

valanginiens ; elles mesurent 1 m d'épaisseur et sont très riches en *Exogyra couloni* DEFRANCE généralement brisées. Plus à l'W, à Villiers-aux-Chênes, ces marnes calcaires ont été mises à jour par des tranchées.

Les « Calcaires à Spatangues » sont uniformément représentés dans les trois départements. Sauf dans l'Aube, où la base marneuse manque, ils commencent par un conglomérat de base peu puissant : quelques centimètres à Brousseval, quelques dizaines de centimètres à l'E de Saint-Dizier (tranchée) et au croisement de la route de Bar-le-Duc et de Sommelonne à Lisle. Le calcaire qui vient ensuite est d'abord assez pur et dur, puis devient de plus en plus gréseux et friable ; en même temps la faune, extrêmement riche au début, s'appauvrit vers la fin, mais *Ex. couloni* persiste toujours. Il me serait impossible de donner ici une liste de cette faune, M^{lle} J. Courty est en train d'en établir la liste en ce qui concerne la collection J. Cornuel, au Musée de Saint-Dizier. Sa richesse et sa variété indiquent nettement un faciès néritique et une mer ouverte car, contrairement à ce que l'on pensait jusqu'à présent, les Céphalopodes existaient *partout*, et non pas seulement à Bettancourt (Haute-Marne) et à Brillon (Meuse). Au S de Courtenot (Aube) j'ai récolté un grand nombre de *Leopoldia leopoldina* D'ORB., *Acanthodiscus radiatus* D'ORB. et *Nautilus pseudo-elegans* D'ORB. Les mêmes espèces ont été trouvées par M. A. Bigard et moi-même dans l'W de la Haute-Marne à Villiers-aux-Chênes, puis à Morancourt, à Wassy et, à l'E de Saint-Dizier, à Brillon (Meuse), avec *Polyptichytes bidichotomus* LEYMERIE (découvert par cet auteur dans l'Aube parmi d'autres Ammonites). Quant à la partie supérieure des calcaires, la collection J. Cornuel présente un échantillon de *Crioceras cornuelli* D'ORB. et le Musée possède aussi d'autres Ammonites ainsi que *Belemnites (Duvalia) dilatata* BLAINV. et *B. cornuelli* D'ORB. Au point de vue de la fréquence, les fossiles les plus répandus sont *Ex. couloni* et *Panopaea neocomiensis* LEYMERIE.

L'épaisseur de l'Hauterivien est de 10 m d'après les puits effectués à l'E de Saint-Dizier (entre les cotes 149 et 159) et une coupe relevée entre Valerest et Domblain sur la rive droite de la Blaise. Elle est de 12 m entre Chamouilley et Nancy et de 13 m à Villiers-aux-Chênes.

BARRÉMIEN. — Cet étage se compose de deux parties tout à fait distinctes. Le *Barrémien inférieur*, exclusivement marin, est représenté par une couche, constante *partout*, d'argiles grises compactes, grasses, gypsifères, avec de rares passages sanguins et quelques bancs de calcaire marneux dur gris. Ce faciès, stable et uniforme, succédant à la terminaison gréseuse littorale de l'Hauterivien, correspond à un arrêt de régression et peut-être même un léger approfondissement de la mer (un véritable « palier »).

Sa faune est assez pauvre en espèces, mais riche en individus ; les Huîtres y prédominent (d'où l'ancien nom : « Argile ostréenne ») et il est à noter que *Exogyra couloni* DEFR. s'y termine tandis que *Ex. aquila* BRONGN. y débute ; *Ex. boussingaulti* D'ORB. var. *minos* COQ. est très répandu, mais surtout *Ostrea leymeriei* DESH. qui caractérise ce sous-étage dans lequel il est limité. Les Poissons, les Serpules, les Gastéropodes, d'autres Lamellibranches (parmi lesquels *Corbis*, *Cardium*, *Panopaea*, *Trigonia*, *Nucula*), un Céphalopode

(*Nautilus pseudo-elegans* D'ORB.), y sont fréquents, ainsi que les Ostracodes et les Foraminifères [A. Stchépinsky, 1954]. Des débris de coquilles forment parfois une lumachelle. L'épaisseur du sous-étage est d'environ 15 m.

Le *Barrémien supérieur* est presque entièrement continental, sauf tout à fait à la fin. Un mouvement brusque d'ensemble a fait sortir des eaux la région occupée par les trois départements. La limite de séparation est très nette, mais la composition lithologique du sous-étage supérieur est variable latéralement et verticalement. Jusqu'à présent on connaissait la coupe classique de Wassy (plus exactement de Pont-Varin situé sur la rive opposée de la Blaise) ; or les travaux de recherches par puits et petits sondages ont montré les variations de faciès d'un point à l'autre.

On peut retenir pour une coupe généralisée la présence constante de sables divers à la base et d'argile réfractaire d'eau douce en haut (« argile rose marbrée » des géologues du siècle dernier). Le « minerai de fer oolithique » est exceptionnel. Les sables plus ou moins ferrugineux et diversement colorés forment une alternance multiple, lenticulaire, sans aucune constance. Leur grain est aussi variable. Certains de ces sables sont un peu argileux ; les couleurs vives (rouge, jaune mêlé de blanc) prédominent, mais les petits forages m'ont permis d'observer aussi des grès gris très durs sous le gravier quaternaire de la Marne à Saint-Dizier. La collection J. Cornuel contient des cônes de *Pinus submarginata* CORNUEL, *P. gracilis* CORN., *P. aspera* CORN. ainsi que des Unios : *Unio intermedia* CORN., *U. cornueli* D'ORB., *U. scutella* CORN. etc., provenant exclusivement du « Fer oolithique ». Les sables sont tout à fait azoïques. Le « Fer oolithique » existe depuis la forêt du Der à l'W de la Blaise jusqu'à la terminaison NE de la forêt du Val au S de Marnaval.

On savait jusqu'à présent que ce complexe continental était recouvert par un mince dépôt marin, la « couche rouge de Wassy », exclusivement dans la région de Wassy entre Pont-Varin au N et Bailly-aux-Forges au S [S. Gillet, 1921]. Il y a quelques années, j'ai pu constater l'extension jusqu'à Louvemont (ancienne tuilerie sur la route de Pont-Varin) de cette formation argilo-calcaire rose, à oolithes ferrugineuses remaniées avec des morceaux de minerai oolithique. En avril 1953, l'examen de la coupe d'un puits creusé au sommet du Vert-Bois à l'E de Saint-Dizier m'a permis de faire une découverte d'une grande importance : sous les limons quaternaires à galets calcaires (cote de base 194,5 : terrasse inconnue dans cette région) se trouvaient des argiles fossilifères bédouliennes riches en oolithes ferrugineuses vers la base (cote 192,8), puis sur 10 cm une argile calcaire, tendre au toucher, rose pâle, à oolithes ferrugineuses brillantes ; cette succession correspondait exactement à celle de Wassy [V. Stchépinsky, 1953]. Cette année, une longue tranchée creusée depuis ce puits (cote 200,9) jusqu'à la route nationale N° 4 (cote 164,2) a con-

firmé mon interprétation : la coupe orientée NE-SW se présentait comme suit sous le Quaternaire :

- argile grise bédoulienne (1,50 m) ;
- même argile à oolithes ferrugineuses remaniées (1,70 m) ;
- argile calcaire rose à oolithes ferrugineuses et morceaux de limonite dure pétrie d'oolithes ferrugineuses, très riche en fossiles (0,10-0,15 m) ;
- argile rose à taches blanches (4 m) ;
- un complexe sableux, à couches irrégulières dans la succession suivante : sable blanc ; grès roux (mince banc) intercalé ; sable argileux beige avec un niveau d'eau au sommet ; grès brun-roux (épaisseur de tout ce Barrémien supérieur : environ 13 m) ;
- argile compacte grasse grise à Huitres habituelles du Barrémien inférieur ;
- calcaire plus ou moins gréseux jaunâtre fossilifère hauterivien.

Les fossiles récoltés dans le Barrémien marin avec le concours de M. Bigard m'ont permis de reconnaître : *Panopaea prevosti* DESH., *Trigonia ornata* D'ORB., *Cyprina saussurei* BRONG., *C. ? galdryna* D'ORB., *Thracia neocomiensis* D'ORB., *Protocardium forbesi* PICT. et REN., *Cardium (Protocardia) impressum* DESH., *Liopista ? (Cardium ?) cornuelli* D'ORB., *Nucula simplex* DESH., *Gervilleia tenuicosta* PICT. et CAMP., *Corbula striatula* SOW., *Idonearca cornuelli* D'ORB., *Pinna robinaldina* D'ORB., *Venus ? robinaldina* D'ORB., *Nododelphinula minuta* FORBES, *Natica laevigata* DESH., *Heteraster oblongus* D'ORB.

Il s'agit donc exactement de la faune de Wassy, si bien décrite et interprétée par M^{lle} S. Gillet [1921], qui la considère comme un mélange d'espèces néocomiennes (prépondérantes) et aptiennes de faciès néritique sablo-argileux. En limitant l'extension du Barrémien supérieur marin à la région de Wassy, elle indique un lambeau de cette formation à Vendevre dans l'Aube près de la limite avec la Haute-Marne (« sanguine » étudiée par J. Lambert). Il résulte de ma découverte que la transgression de la fin du Barrémien s'étendait sur toute la largeur de la Haute-Marne où s'est formé un détroit permettant la communication entre la mer jurassienne et celle du Nord (mélange d'espèces signalé par M^{lle} S. Gillet) : répétition de la situation géographique qui existait au Valanien.

APTIEN. — Cet étage se divise également en deux parties.

Le *Bédoulien* qui correspond à une vaste transgression générale, annoncée dans la Haute-Marne dès la fin du Barrémien et s'étendant sur les trois départements, est uniformément formé d'argiles grasses, compactes, grises, riches en *Exogyra aquila* BRONG., espèce qui se distingue bien d'*Ex. couloni* DEF. par sa forme subcirculaire régulièrement convexe, sans carène nette.

Ce fossile prédomine dans la partie inférieure, tandis que la partie supérieure des argiles contient dans la Haute-Marne des Ammonites caractéris-

tiques bien connues : *Parahoplites deshayesi* LEYM., *Oppelia (Adolphia) nisoides* SARASIN, *Douvilleiceras cornuelli* D'ORB. (type de Louvemont), *Ancyloceras matheroni* D'ORB., etc... Dans l'Aube, A. Leymerie [1842] ne signale que la première de ces espèces (La Villeneuve). Le meilleur gîte haut-marnais se trouve à Louvemont (centre, tuilerie), mais j'ai également trouvé les deux premières espèces dans le lit de la Marne à la sortie de Saint-Dizier.

Ainsi donc la grande transgression aptienne avait les profondeurs augmentant avec le temps avec le maximum dans le détroit haut-marnais.

Le *Gargasien* correspond à une brusque régression générale. C'est une formation exclusivement sablo-gréseuse, presque azoïque, qui était très mal connue jusqu'à ces derniers temps. Les géologues n'étaient pas du même avis quant à son âge aptien ou albien. J. Cornuel, qui avait vu juste au début [1841], changea d'avis par la suite en réunissant les sables ferrugineux à cônes de Pin¹ et *Unio* du Puits-Royot à Saint-Dizier aux sables blancs à *Ex. aquila* de Valcourt pour en faire des alluvions d'une Moselle géologique [1882]. J. Houdard [1939] attribuait les « Sables blancs » à l'Albien ; mais M. G. Corroy les plaçait dans le Gargasien [1930]. C'est cette opinion qui est la bonne, comme le prouvent les recherches récentes [V. Stchépinsky, 1953 ; L. Bertrand, 1954].

L'étude d'un puits profond de 86,50 m (cote du sol 133,37) effectué à Outines (Marne) à 23 km à l'WSW de Saint-Dizier a donné une belle coupe allant depuis le sommet de l'Albien jusqu'au sommet du Bédoulien. Ce puits a traversé sous les « sables verts » albiens 10,57 m de sables et grès avant de toucher l'argile grise bédoulienne à une profondeur de 84,77 m :

sables grossiers blancs meubles à quelques grains de glauconie (7,20 m) ; puis grès très dur gris-blanchâtre à petits galets de quartz formant un véritable banc à Huîtres (*Ex. aquila* ; 2,57 m), devenant glauconieux, pyriteux, légèrement argileux et gris foncé (0,63 m) ;

ensuite sable aggloméré fin à grains de quartz et à débris d'Huîtres, franchement argileux, un peu glauconieux, gris.

Entre Saint-Dizier et Valcourt on voit dans le lit de la Marne se succéder : argiles grises d'abord à *Ex. aquila*, puis à Ammonites ; sables très argileux gris-noirâtres ; sables et grès plus ou moins blancs. Les petits forages effectués par la Préfecture de la Seine entre Saint-Dizier et Valcourt à l'extrémité nord de la forêt du Val à l'endroit où la Carte géologique (feuille de Wassy) marque une terrasse quaternaire et un contact direct Barrémien supérieur-Albien inférieur (route de Wassy), m'ont donné une coupe perpendiculaire au pendage général (N 90° W) d'après laquelle le Gargasien sableux, avec une couche argileuse glauconieuse noirâtre à la base, possède une épaisseur d'environ 20 m. Le Barrémien n'affleure pas et la terrasse quaternaire se trouve beaucoup plus haut.

A Louvemont (rive gauche de la Blaise), une coupe relevée dans la carrière en haut du village et prolongée par un sondage, montre que les sables garga-

1. *Pinus elongata* D'ORBIGNY [1849-52]. Cours élém. de Paléont. et de Géol. strat., t. 2, p. 617 (18^e étage, Aptien).

siens possèdent une épaisseur supérieure à 10 m, dont 8,20 m de sables très clairs reposant sur des sables argileux noirâtres légèrement glauconieux.

Ainsi donc, les faciès sableux situés entre les argiles bédouliennes et les sables verts albiens se composent de sables clairs parfois gréseux, avec des sables et grès argileux noirâtres à la base. Ils possèdent une faune marine, quoique très pauvre, et appartiennent à l'Aptien supérieur. Leur extension géographique est plus vaste que l'on ne le pensait jusqu'à présent. Leur épaisseur est variable. Ils existent aussi dans l'Aube. Il y a lieu, en ce qui les concerne, de rectifier une erreur qui s'est glissée dans la thèse de M^{lle} S. Gillet [1924, p. 246] où il est dit que les sables et grès de l'Aptien supérieur de la Haute-Marne sont riches en Ammonites de grande taille. De même, J. Cornuel commit certainement une erreur en changeant d'avis à propos de l'âge des sables de Valcourt, sous prétexte que les *Ex. aquila* trouvées en cet endroit lui semblaient remaniées : les deux valves accolées lui avaient parues retournées (opinion reprise par J. Houdard), alors qu'en fait les deux valves de ces échantillons qui se trouvent au Musée de Saint-Dizier s'emboîtent et sont donc d'un même individu. D'autres échantillons étiquetés Paulin proviennent également des sables de Valcourt.

ALBIEN. — Cet étage a été très bien étudié, en dernier lieu par J. Houdard [1939] et M^{lle} P. Gillard [1954]. Il ne me reste qu'à ajouter quelques mots au sujet de sa paléogéographie. Son épaisseur augmente nettement de l'E vers l'W et la faune de son terme inférieur devient de plus en plus profonde en suivant la même direction.

A Saint-Dizier, l'épaisseur des « Sables verts » est de 7-8 m, puis de 10 m à Valcourt et de 14,50 m à Outines (Marne) pour atteindre 22 m dans l'Aube à l'E de Troyes.

Dans la Haute-Marne, les « Sables verts » de l'Albien inférieur sont très pauvres en fossiles : *Exogyra arduennensis* D'ORB., *Arca* (*Grammatodon*) *carinata* Sow., *Douvilleiceras mammilatum* SCHL. etc... avec du bois fossilisé ; à Outines, dans la Marne, les « Sables verts » possèdent une faune beaucoup plus riche et variée et dans l'Aube la présence de *Hoplites tardefurcatus* LEYM. indique un faciès plus profond, déjà au commencement de l'Albien.

Les marnes de l'Albien supérieur sont partout très riches en fossiles avec beaucoup d'Ammonites bien connues. Leur épaisseur augmente en allant de l'E vers l'W.

L'Albien correspond à une nouvelle transgression générale, mais cette fois les grandes profondeurs se sont déplacées vers l'W, dans l'Aube.

Au point de vue pratique, il convient de noter que la puis-

sante nappe aquifère dite « des Sables verts » se trouve en réalité dans les « Sables blancs » de l'Aptien supérieur, beaucoup plus grossiers, meubles et purs (non argileux). A Outines, la perforation des Sables verts n'a donné que très peu d'eau dans le puits, tandis que l'eau trouvée dans l'Aptien supérieur à la cote de $+ 58$ est aussitôt montée jusqu'à la cote de 126 qui est celle du sommet de l'Aptien supérieur à Moëslains au bord de la Marne. P. Lemoine, R. Humery et R. Soyer [1939] donnent la cote des Sables verts aquifères dans un puits d'Outines comme étant de $+ 17$ m avec renvoi au travail de J. Laurent et P. Lemoine [1912], alors qu'on y lit pourtant : $+ 50$; dans le puits de 1953, la cote de l'Albien aquifère se place à $+ 62$.

Conclusions.

On peut résumer de la façon suivante, les faits importants mis en évidence par l'« équipe de Saint-Dizier » :

1. STRATIGRAPHIE. — Deux points sont à souligner : d'une part la « Pierre de Fouchères » de l'Aube appartient à l'Hauterivien inférieur basal et non pas au Valanginien ; d'autre part les « Sables blancs », situés entre les argiles grises aptiennes et les « Sables verts » albiens, sont à rattacher au *Gargasien*.

2. PALÉOGÉOGRAPHIE. — Dans le domaine paléogéographique, les précisions nouvelles sont les suivantes : le Valanginien, *marin* dans la Haute-Marne seulement, est venu recouvrir une surface érodée du Portlandien *inférieur* (transgression dans le *détroit haut-marnais*, de faible envergure). La transgression hauterivienne, *générale*, a subi, d'une part une accentuation nette avec l'apparition des « Calcaires à Spatangues » et, d'autre part un approfondissement *général* (les Ammonites existant dans l'étendue des trois départements étudiés). Après un commencement de régression vers la fin de l'Hauterivien, le Barrémien inférieur marque partout une stabilisation des profondeurs marines. Le Barrémien supérieur correspond à une exondaison générale avec, finalement, une nouvelle transgression recouvrant *toute la largeur de la Haute-Marne* jusqu'à Vandœuvre dans l'Aube. La transgression aptienne, *générale*, s'est accentuée progressivement pendant le Bédoulien (Huîtres puis Ammonites) et s'est terminée, au Gargasien, par une régression également générale (sables et grès *marins* à *Ex. aquila*), avec dépôt de sables noirâtres argileux et *glauconieux* à la base. Au cours de l'Albien, enfin, on assiste à un déplacement vers l'W des profondeurs maxima de la mer crétacée.

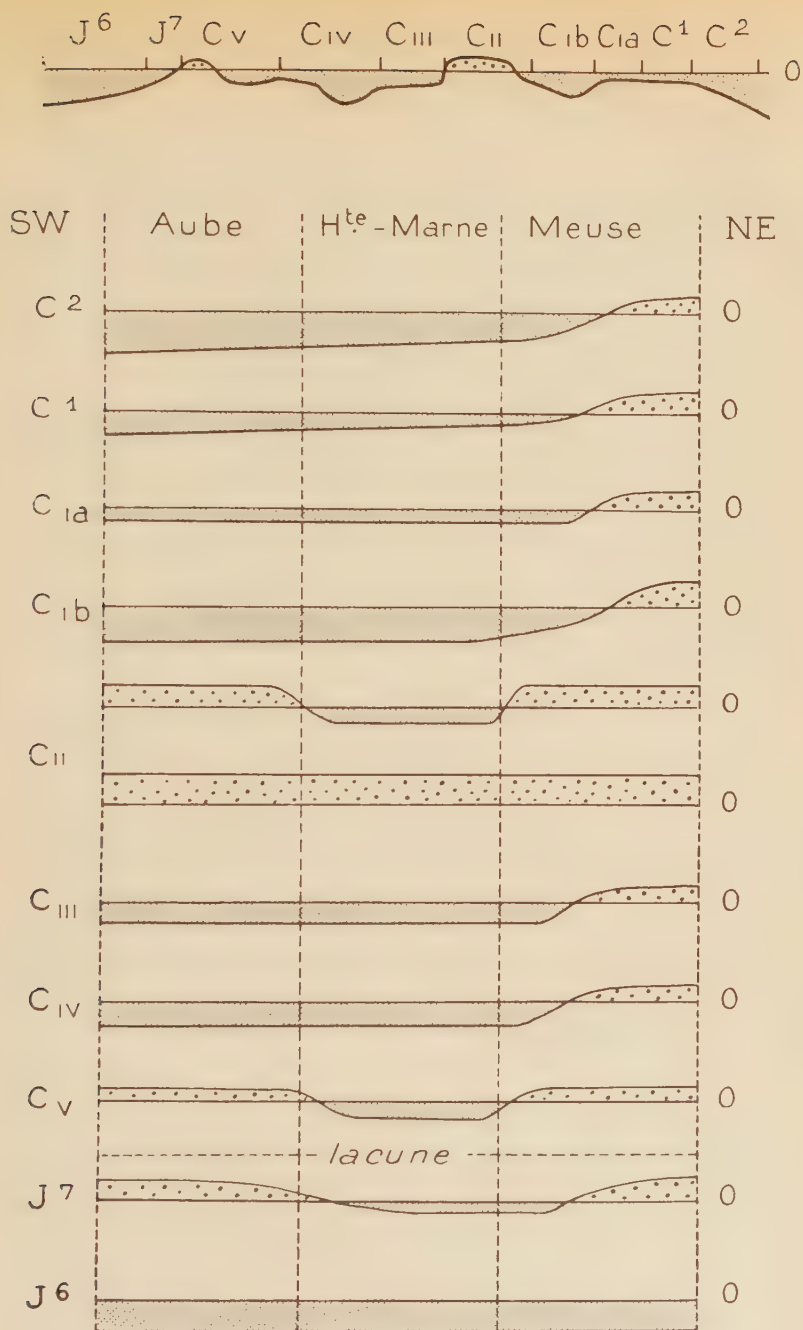


FIG. 1. — En haut : Allure des transgressions et régressions du Portlandien et du Crétacé de la Hte-Marne.

En bas : Faciès du Portlandien et du Crétacé inférieur de l'Aube, de la Hte-Marne et de la Meuse.

J⁶ : Bononien inf. ; J⁷ : Bononien sup. ; C_v : Valanginien ; C_{IV} : Hauterivien ; C_{III} : Barrémien inf. ; C_{II} : Barrémien sup. ; C_{Ib} : Aptien inf. ; C_{Ia} : Aptien, sup. ; C¹ : Albien inf. ; C² : Albien sup.

OUVRAGES CITÉS

- BERTRAND L. (1953). — Le Valanginien de la région de Saint-Dizier (Haute-Marne). Révision de la collection J. Cornuel et observations stratigraphiques. *B. S. G. F.*, (6), III, p. 261-275.
- (1954). — Problème de la limite stratigraphique entre les étages Aptien et Albien dans la région de Saint-Dizier (Haute-Marne). Dipl. Ét. sup. Paris et *B. S. G. F.*, (6), IV, p. 585-596.
- BUVIGNIER (1852). — Statistique géologique, minéralogique et paléontologique du département de la Meuse. Paris.
- CORNUEL J. (1841). — Mémoire sur les terrains crétacé inférieur et supra-jurassique de l'arrondissement de Wassy (Haute-Marne). *Mém. Soc. géol. France*, Géol., 1^{re} sér., t. IV, n° 4.
- (1882). — Notice sur un cours d'eau à Saint-Dizier. *Mém. Soc. Let., Sc. Saint-Dizier*.
- CORROY G. (1925). — Le Néocomien de la bordure orientale du Bassin de Paris. Thèse, *Bull. Soc. scient. Nancy*, 5^e sér., t. II.
- (1930). — Carte géologique de la France au 80 000^e, feuille de Wassy, 2^e éd., Paris, Serv. Carte géol. France.
- DEBRENNE F. (1954). — Étude des terrains rattachés au Valanginien du département de l'Aube. Dip. Ét. sup. Paris et *B. S. G. F.*, (6), IV, p. 525-536.
- GILLARD P. (1954). — Étude paléontologique de l'Albien de la région de Saint-Dizier (Haute-Marne) avec révision des collections du Musée municipal. Dip. Ét. sup. Paris.
- GILLET S. (1921). — Étude du Barrémien supérieur de Wassy. *B. S. G. F.*, (4), XXI, p. 3-47, pl. I-III.
- (1924). — Études sur les Lamellibranches néocomiens (thèse). Paris. *Mém. Soc. géol. France*, nouv. sér., n° 3.
- HOUDARD J. (1939). — L'étage albien et sa faune aux environs de Saint-Dizier (Haute-Marne). *B. S. G. F.*, (5), IX, p. 625-636.
- LAURENT J. et LEMOINE P. (1912). — Les lignes tectoniques de la Champagne.
- LEMOINE P., HUMERY R. et SOYER R. (1939). — Les forages profonds du Bassin de Paris.
- LEYMERIE A. (1841-1842). — Mémoire sur le terrain crétacé du département de l'Aube. *Mém. Soc. géol. France*, Géol., 1^{re} sér., t. IV (5); V (1).
- MÉGNIEU C. (1953). — La double faille de la Marne dans les limites départementales de la Meuse. *B. S. G. F.*, (6), III, p. 925-931.
- STCHÉPINSKY A. (1954). — Étude des Ostracodes du Crétacé inférieur de la Haute-Marne. Dipl. Ét. sup. Paris et *B. S. G. F.*, (6), IV, p. 485-500.
- STCHÉPINSKY V. (1953 a). — Données nouvelles sur l'Albien et l'Aptien de la Champagne humide. *C. R. Ac. Sc.*, t. 237, p. 489-491.
- (1953 b). — Découverte du Barrémien marin à l'E de Saint-Dizier (Haute-Marne). *Cahiers géologiques Thoiry*, n° 19, p. 163.
- (1954). — Une promenade dans le lit de la Marne. *Ibid.*, n° 25, p. 222.
- THIÉRY P. (1910). — Notice géologique sur le département de la Haute-Marne. *Bull. Soc. Sc. nat. Haute-Marne*, t. 7, 78 p. Chaumont.

COLORIMÉTRIE DE SÉDIMENTS QUATERNAIRES ET PALÉOCLIMATS PREMIERS RÉSULTATS

PAR **Henriette Alimen** ¹.

Sommaire. — Les couleurs des sédiments et des paléosols dans les Pyrénées centrales (Lavedan, Bigorre, pays d'Aure) sont étudiées de façon précise à l'aide d'une charte des couleurs. La comparaison avec les conditions climatiques de formation des sols actuels et la prise en considération des indices de froid inscrits dans les mêmes sédiments conduisent à accorder une signification aux variations colorimétriques dans les sédiments du Quaternaire pyrénéen.

La méthode colorimétrique appliquée à des sédiments quaternaires prélevés en différents points de France fournit des observations tout à fait comparables à celles des Pyrénées, montrant la portée générale de la méthode. On semble, en outre, autorisé à conclure que le climat quaternaire français est allé, à travers les oscillations glaciaires et interglaciaires, en se refroidissant graduellement, depuis le Pliocène jusqu'au Würm où s'est manifesté le maximum du froid.

On ne peut manquer, sur le terrain, d'être frappé de la parenté de couleur que présentent les sédiments d'une même époque du Quaternaire, et des différences qui existent d'une époque à l'autre. Pour préciser cette impression, j'ai repéré d'une façon précise les couleurs, à l'aide de la charte américaine des couleurs (Munsell soil color charts of soil scientists, geologists and archeologists).

Les comparaisons entre les sédiments et les couleurs types de la charte ont été effectuées toujours dans les mêmes conditions (au laboratoire, sur des sédiments secs, observés sous la même épaisseur, dans une petite boîte en matière plastique). Rappelons que chaque couleur est définie par 3 paramètres. Le premier repère la couleur spectrale dominante de la teinte considérée. A cet effet, le spectre est divisé arbitrairement en 10 couleurs (rouge R, orangé YR, jaune Y, vert-jaune GY, vert G, etc.), chacun des intervalles étant à son tour divisé en 10 termes désignés numériquement. Le premier paramètre, tel 2,5 R ou 7,5 YR, repère donc la longueur d'onde. Le 2^e paramètre caractérise la brillance de la lumière renvoyée, avec une échelle allant aussi de 0 à 10. Enfin le 3^e paramètre définit le degré de pureté (la proportion de gris surajoutée à la couleur spectrale), allant dans les sédiments de 0 (noir absolu) à 8.

On se convainc aisément, par le maniement de la charte des couleurs, que ce repérage a le grand intérêt d'amenuiser des dif-

1. Note présentée à la séance du 20 décembre 1954.

férences dont l'œil cependant est frappé, comme la différence entre des bruns et des rouges, ou au contraire de séparer nettement des teintes qu'on aurait spontanément réunies sous le même terme, comme les divers bruns. Il est évident que le paramètre le plus important est le premier. Pour placer les diverses couleurs repérées dans le plan des coordonnées, nous avons dû choisir entre les deux autres : c'est le 3^e (pureté) que nous avons préféré faire intervenir.

I. Nappes alluviales pyrénéennes.

Cette méthode colorimétrique a été appliquée à de nombreux échantillons prélevés dans les nappes du Pliocène terminal (sommet de la formation du Lannemezan), et dans la série des moraines et alluvions fluvio-glaciaires quaternaires en nappes ou en terrasses du Lavedan, de la Bigorre et du pays d'Aure (Pyrénées centrales). J'ai récemment proposé une correspondance de ces divers dépôts avec les subdivisions classiques des Alpes [Alimen, 1953 a et b ; 1954].

Pour la formation du Lannemezan, les sédiments étudiés proviennent des parties hautes du Cône de Ger au N de Lourdes, du Cône d'Orignac entre Bagnères et Tournay, du Cône de Lannemezan, au S et à l'E de Lannemezan. Les couleurs de la gangue s'échelonnent de 2,5 YR à 10 YR. Par endroits, au-dessus de l'argile orangé, une couche rouge a été conservée, épaisse de 2 à 3 m (7,5 R à 2,5 YR).

Les nappes du Günz ont été étudiées aux flancs ou aux entailles d'érosion du Cône de Ger (Palengat et environs d'Ossun), du Cône d'Orignac (Fatis, Calavanté) et surtout aux flancs du Cône de Lannemezan (plateforme de 615 m à Sarrat et N de La Barthe de Neste). La couche superficielle, épaisse de 2 m à 2,50 m à Sarrat, est rouge (7,5 R à 2,5 YR) ; elle surmonte des alluvions caillouteuses dont la gangue est orangé (2,5 YR à 7,5 YR).

Les déterminations relatives au Mindel proviennent de la terrasse d'Espoey pour l'ancien cours du gave de Pau (à Espoey, Livron, Ousse, Barlest), de la terrasse de Hiis, dans la vallée de l'Adour, de la terrasse de 60 m de la Neste (Sarrat, Saint-Laurent de Neste, Hèches). Les zones superficielles sont rouges (7,5 R à 2,5 YR) et les masses alluviales subordonnées sont, dans l'ensemble, plus voisines du jaune que dans le Günz (7,5 YR à des radiations voisines de 2,5 Y) avec prédominance autour de 10 YR, pour des observations échelonnées de la base au sommet de ces masses alluviales, sur 10 à 15 m).

Les formations liées au Riss constituent un ensemble nettement différent des précédents au point de vue colorimétrique. Étudiées dans la terrasse d'Ossun et dans celle de Barlest pour le gave de Pau, dans la terrasse d'Arcizac pour l'Adour, dans les moraines d'Arreau pour la Neste, elles donnent des couleurs échelonnées d'une radiation comprise entre 7,5 et 10 YR à 5 Y, avec prédominance entre 0 et 2,5 Y. Les paléosols, que je n'ai pu observer bien typiques que sur la nappe d'Ossun (Juillan), sont peu épais et bruns (7,5 YR et 10 YR) ; le sommet de la nappe d'Arcizac présente des teintes analogues (7,5 YR 6/8 à 10 YR 5/6).

Les alluvions du Würm se décalent nettement vers le jaune-vert, s'échelonnant de 2,5 Y à des teintes plus vertes que celles de la limite de la charte (10 Y) : terrasse de Montaut, pour le gave de Pau (à Bénéjac) et alluvions de 2-5 m (au Pibeste), moraine de Sainte-Marie-de-Campan, moraines de Gripp et de Payolle pour l'Adour, moraine de Bazus et alluvions de 2 m à Ancizan pour la Neste. Les paléosols sont de type podzolique : je les ai repérés à Juillan sur des coulées de solifluxion würmiennes postérieures au paléosol du Riss-Würm, et sur la moraine würmienne de Bazus. Les teintes rentrent dans l'ensemble colorimétrique du Würm (autour de 5 Y), sauf pour la portion concrétionnée en alios (autour de 7,5 YR).

Sur la fig. 1 ont été reportées les valeurs numériques dont je viens de donner les marges de variation. Les points noirs sont relatifs aux couches superficielles faisant indubitablement partie d'un paléosol, tandis que les croix correspondent aux masses subor-

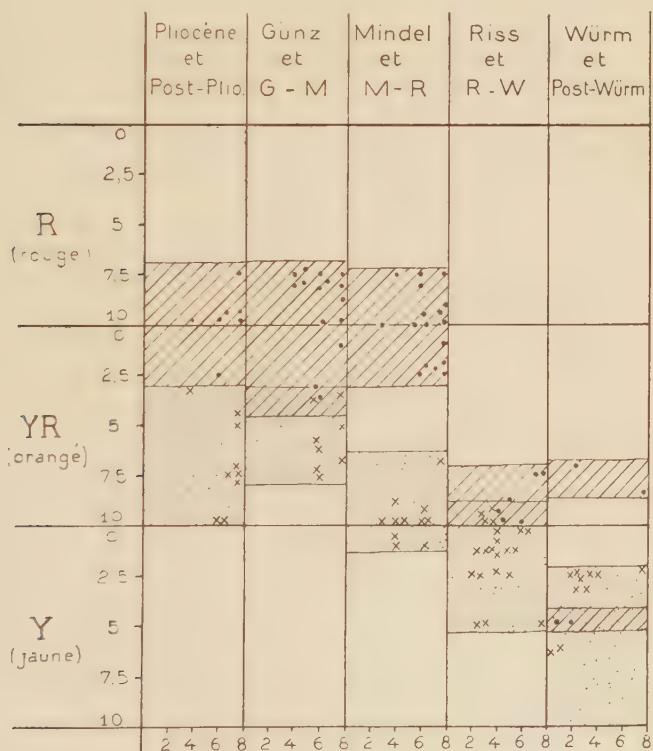


FIG. 1. — Diagramme figuratif des couleurs des diverses nappes alluviales pyrénéennes (Lavedan, Bigorre, pays d'Aure). En ordonnées, sont repérées les longueurs d'onde ; en abscisses, la pureté (paramètres des Musell colour charts). Les parties du plan recouvertes d'un barré correspondent aux couleurs superficielles, certainement pédologiques et d'âge interglaciaire ; les parties recouvertes d'un pointillé correspondent aux couleurs profondes.

données. On voit que, dans l'ensemble, ces deux catégories occupent, pour chaque groupe d'alluvions, des régions différentes du spectre. Par ailleurs, il apparaît immédiatement une distinction manifeste entre les divers complexes alluviaux. Il est donc vraisemblable que cette ordonnance des points figuratifs doit être significative.

1. *Existence de trois types colorimétriques.* Le graphique de la fig. 1 met en évidence trois types : celui des alluvions à sols rouges, pliocènes, gūnziennes et mindéliennes, très apparentées entre elles, celui des alluvions rissiennes à sols bruns, celui des alluvions würmiennes à sols podzoliques. Cependant ces divers complexes alluviaux ont dû être originellement très voisins les uns des autres quant à leur constitution. En particulier, la roche-mère des sols a été sensiblement la même : alluvion très chargée en galets granitiques, métamorphiques, schisteux, quartzeux, et de nature siliceuse dans l'ensemble. Les différences observées paraissent donc imputables, d'une part au climat qui a présidé au dépôt des alluvions, d'autre part aux modifications, principalement de type pédologique, que ces dépôts ont subies par la suite.

2. *Les sols observés sont bien des paléosols.* Remarquons d'abord que la disparition absolue des sols rouges à partir du Riss démontre que les processus pédologiques créateurs des sols rouges ont cessé d'exister à partir du Riss. Pour certains auteurs le caractère fossile des podzols des alluvions würmiennes serait attesté par la disparition de ce type pédologique de nos régions à partir du Néolithique¹. Mais il y a plus : en plusieurs points les sols ont été fossilisés par le dépôt d'alluvions postérieures. Comme je l'ai indiqué plus haut, le sol brun de la terrasse rissienne d'Ossun, à Juillan, est fossilisé dès le Würm par des coulées de solifluxion. Le sol rouge de la nappe mindélienne d'Espoey, à Espoey, est recouvert de deux limons : l'inférieur, de teinte comprise entre 10 YR et 2,5 Y 7/6, contient des concrétions ferrugineuses ressemblant à celles de « l'argile à grenailles » ; le supérieur est gris-jaune (2,5 Y 5/4). On doit vraisemblablement tenir le premier pour contemporain du Riss et le second comme würmien. MM. l'abbé Breuil et Méroc m'ont conviée cette année à observer avec eux ces deux mêmes limons en place, sur la moraine de Seilhan (bassin

1. Selon A. Cavaillé [1951], les sols qui se forment en Aquitaine depuis le Néolithique seraient des sols bruns, les podzols ne se formant actuellement que sous un climat comparable à celui de la Russie septentrionale (vers le 60° de lat. N), mais la majorité des pédologues pense que les podzols peuvent encore se former sous nos climats (renseignements aimablement communiqués par B. Bèze et J. Dupuis).

de la Garonne), moraine dont l'appartenance au Mindel, anciennement proposée par H. Breuil, me paraît indubitable.

Je n'ai pas repéré de couverture sur les sols des alluvions Günziennes, mais on peut interpréter comme un indice d'ancienneté du sol rouge du Günz-Mindel, le remplacement, en des points déprimés de la nappe, de la partie superficielle rouge du sol par un sol noir de marais plus récent (plate-forme de 615 m de Sarraz).

Quant au sol rouge de la nappe pliocène, il est enterré en divers points du piedmont pyrénéen. G. Laplace-Jaureteche m'a montré, cet été, au N de la région que j'étudie, une coupe où le sol rouge de la formation du Lannemezan supporte deux limons, dont le plus ancien me paraît être du même type climatique que les sols rouges (limon orangé à taches rouges et jaunes), et par suite ne doit pas être postérieur au Mindel. Il n'existe d'ailleurs pas sur les alluvions mindéliennes.

3. *Cas des alluvions à sol rouge.* Ma première impression sur le terrain avait été d'attribuer à la zone pédologique seulement la couche rouge supérieure, épaisse de 3 m, tandis que la masse orangé, visible parfois sur 10 à 15 m, aurait représenté la roche-mère, c'est-à-dire le sédiment. Mais on sait que l'épaisseur de la couche pédologique, dans les sols rouges africains par exemple, peut atteindre et dépasser largement la puissance de nos nappes alluviales pyrénéennes. Par ailleurs, sous la couche sommitale, nettement rouge, ces sols rouges africains présentent de grandes épaisseurs de couleur orangé. Je pense donc que la zone orangé de nos nappes est telle parce qu'elle a subi elle aussi des processus pédologiques, d'autant plus que là où l'observation est possible (terrasse d'Espoey, terrasse de 60 m de la Neste), on voit un décalage du rouge-orangé vers le jaune-orangé en allant du haut en bas de la nappe, ce qui est en rapport avec les processus de déplacement *per ascensum* du fer dans ce type de sol. L'ensemble des sédiments de ces terrasses donnerait donc un profil de sol rouge, et plus rien ne représenterait l'alluvion non altérée pédologiquement. Telle serait l'explication de la grande ressemblance des alluvions pliocènes, Günziennes et mindéliennes.

Dès lors on doit se demander si l'altération pédologique du Mindel-Riss n'est pas responsable de l'aspect de toutes les alluvions antérieures. Je ne le pense pas pour plusieurs raisons. En premier lieu, la couche rouge supérieure des alluvions de Lannemezan contient un niveau de fer concrétionné de type latéritique, que j'ai repéré cet été à l'W de La Barthe-de-Neste, tandis que G. Laplace-Jaureteche l'observait, dans le même temps, plus

au N. Or je n'ai vu de telles formations latéritiques ni dans le sol rouge des alluvions günziennes, ni dans celui du Mindel. Par ailleurs, cette nappe du Lannemezan a été soustraite avant le Mindel-Riss, par le limon dont nous avons parlé, aux processus pédologiques de cet Interglaciaire. Le sol rouge postpliocène est donc distinct de celui qui date du Mindel-Riss.

Je crois l'altération pédologique des alluvions günziennes également distincte, à cause de la coupe observée à Sarlat, où la couche rouge de la plateforme günzienne de 615 m disparaît sur le flanc alluvial, de couleur orangé, qui descend vers la terrasse mindélienne (plate-forme de 585 m, altitude relative 60 m). Le sommet de la terrasse mindélienne est d'ailleurs de couleur rouge un peu différente de celle de la plate-forme günzienne. Une seconde raison postulant cette indépendance réside dans le décalage, visible sur la fig. 4, entre les couleurs orangé de ces deux paléosols. Celui des alluvions günziennes est nettement plus évolué vers le rouge que celui des alluvions mindéliennes, ce qui indique des états différents du fer. L'évolution plus poussée du sol des nappes günziennes tient peut-être à ce que ces nappes ont subi postérieurement le climat de l'Interglaciaire Mindel-Riss.

4. *Indications climatiques*¹. Les paléosols pyrénéens paraissent démontrer que le climat a été différent aux Interglaciaires antérieurs au Riss (sols rouges), à celui du Riss-Würm (sol brun) et à celui du Post-Würm (podzol). On sait que ces trois types de sol sont des sols zonaux (sols thermiques de B. Gèze), qui ne sont pas influencés par le type de roche-mère, mais par le type du climat.

Les sols rouges latéritiques sont, en gros, intertropicaux ; les sols rouges non latéritiques s'observent entre 15° et 20° (tropicaux) ; les sols bruns vont du 30° au 40° latitude N, les sols podzoliques du 45° au 66° lat. N ; encore faut-il souligner que leurs limites de formation actuelle semblent plus restreintes, plusieurs des sols observés en surface pouvant être des paléosols (A. Demolon, B. Gèze). Il n'a pas été fait à notre connaissance de mesures systématiques de la couleur des sédiments et des sols en rapport avec les conditions climatiques de leur genèse, bien que l'existence de ce rapport soit soulignée par les pédologues et qu'il tienne vraisemblablement au type des réactions chimiques dont le sédiment a été le siège, et principalement à l'état du fer (ferreux, ferrique, anhydre ou hydraté).

Les altérations pédologiques des nappes glaciaires ou fluvio-glaciaires des Pyrénées centrales indiquent donc que le climat des

1. Nous nous plaçons dans l'hypothèse où les paléosols pyrénéens sont assimilables aux sols actuels et relèvent des mêmes processus pédologiques. On sait que la signification climatique des sols est un chapitre très discuté de la pédologie. Nous présentons donc ces réflexions comme des suggestions.

Interglaciaires anciens a dû être de type intertropical (jusqu'à l'Interglaciaire Mindel-Riss compris), avec une légère latéritisation seulement à la limite Pliocène-Quaternaire. Ces Interglaciaires ont dû être longs, nettement plus longs que le Riss-Würm, comme en témoigne la grande épaisseur des paléosols. C'est dans la zone située à mi-chemin entre l'équateur et les tropiques que l'on peut chercher l'image actuelle des conditions climatiques propices à ces phénomènes pédologiques [B. Gèze, 1947]. Là, on observe, en même temps que le développement de la couleur rouge et parfois de la latérite, l'intense décomposition des feldspaths et des remises en mouvement de la silice, allant jusqu'à la formation du quartz. J'ai déjà indiqué que des concrétions quartzеuses (morilles) de néoformation existent dans les niveaux anciens des Pyrénées [Alimen, 1953 a].

L'image des conditions régnant à l'Interglaciaire Riss-Würm se trouve dans le Centre-Sud de l'Europe actuelle, tandis que c'est une bande nettement septentrionale de l'Europe qu'il faut évoquer pour le Post-Würm.

En ce qui concerne les périodes glaciaires, l'interprétation qui nous a paru vraisemblable pour l'ensemble des sédiments gүнziens et mindéliens enlève toute signification climatique à la couleur des sédiments, puisque cette couleur a été acquise pendant les Interglaciaires. Mais nous rappellerons que nulle part nous n'avons relevé de traces de phénomènes de solifluxion affectant la masse de ces formations. Les seules solifluxions visibles (Espoey, Livron) touchent le sommet de la terrasse mindélienne, y compris le sol rouge, et par suite, elles sont postérieures au Mindel-Riss. Je n'ai pas davantage relevé de traces d'édification de dépôts de pente de type périglaciaire d'âge gүнzien ou mindélien. Les seules actions qui peuvent relever d'un climat froid sont de nombreux éclatements thermiques (cupules et écailles) et de gel (fracturations de gros galets) dans la masse du Gүнz (environs de La Barthe-de-Neste) et du Mindel (La Barthe, Hèches, Illis, Espoey), ainsi que de très fortes et belles éolisations sur les blocs du Gүнz (près de La Barthe-de-Neste). Cette action du vent est nécessairement à peu près contemporaine du dépôt ; peut-être en est-il de même des fracturations.

Par contre, à partir du Riss, les preuves de froid intense se multiplient : solifluxions dans la masse, contemporaines du dépôt (nappe d'Ossun), apparition timide des dépôts de pente (environs de Barlest) qui ne prennent un réel développement qu'au cours du Würm (dépôts de pente, souvent consolidés en brèches, des vallées du gave de Pau, de l'Adour, de la Neste). Les sols de

tundra, dont j'ai jadis signalé l'existence sur le front pyrénéen [Alimen, 1951] doivent dater de cette période.

Ces observations semblent autoriser à penser que les nappes glaciaires du Günz et du Mindel sont loin d'avoir correspondu à des climats aussi froids que ceux du Riss et surtout du Würm.

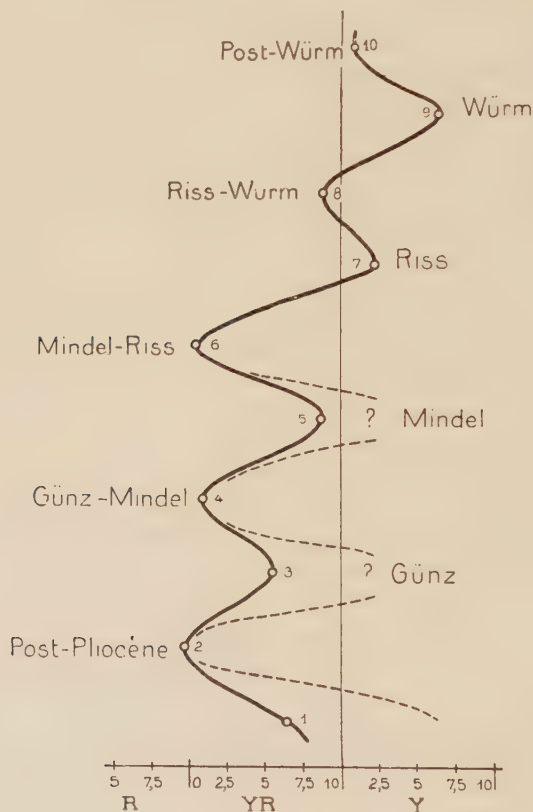


FIG. 2. — Courbe colorimétrique, obtenue à partir de la fig. 1, en séparant les parties profondes, glaciaires, et les zones pédologiques, interglaciaires, et en prenant une valeur moyenne de la longueur d'onde de la couleur spectrale.

L'ensemble des faits incite donc à conclure que, dans la région nord-pyrénéenne, le climat est allé, à travers les oscillations glaciaires et interglaciaires, en se refroidissant graduellement depuis le Pliocène jusqu'au Würm, où s'est manifesté le maximum du froid. La courbe colorimétrique de la fig. 2, déduite des mensurations de la fig. 1, traduit une variation de même allure, ce qui souligne la possibilité d'utiliser le critérium colorimétrique dans l'exploration des paléoclimats.

II. Quelques indications sur des nappes alluviales diverses de France.

J'ai rassemblé dans la fig. 3 les déterminations colorimétriques effectuées sur du matériel provenant des bassins de la Somme, de la Seine, de la Vienne, de la Charente et de la Bièvre-Valloire

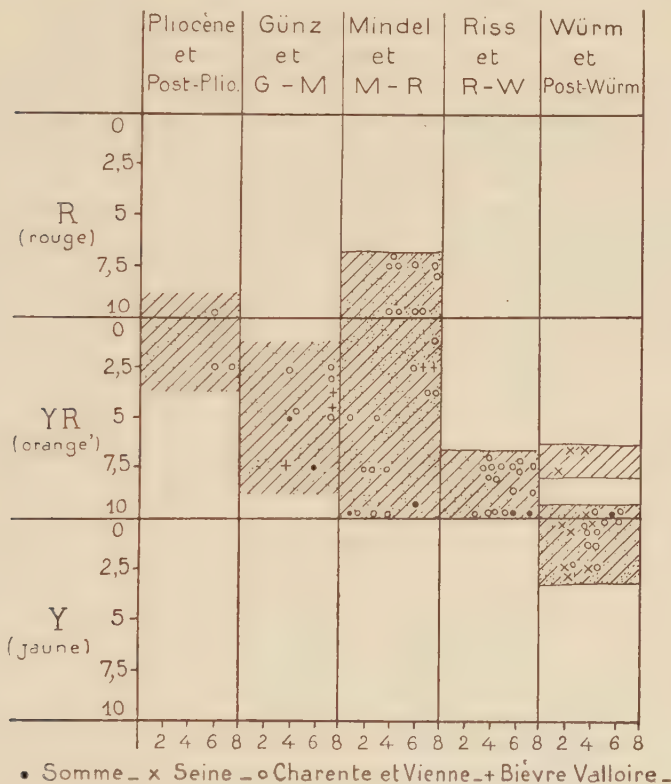


FIG. 3. — Diagramme figuratif des couleurs de diverses alluvions de France (bassins de la Somme, Seine, Vienne, Charente, Bièvre-Valloire). On n'a pas distingué les sols du reste des sédiments, sauf pour la zone d'alias des podzols.

où nous avons de belles observations de F. Bourdier sur les paléosols. La comparaison des fig. 1 et 2 suggère la généralisation possible de la méthode colorimétrique d'étude des sédiments quaternaires. L'étude en cours des sédiments du Quaternaire saharien me paraît également tout à fait susceptible de fournir des données significatives sur les variations des paléoclimats de cette région africaine.

III. Conclusion.

En l'absence d'une étude systématique des couleurs des sédiments et des sols actuels, en rapport avec leur composition chimique d'une part et les conditions climatiques de leur genèse d'autre part, nous avons cependant jugé utile de présenter cette étude, un peu comme une pierre d'attente.

En utilisant la comparaison des sols fossiles et actuels, et en tenant compte de tous les indices climatiques autres que la couleur inscrits dans nos sédiments, il nous a semblé pouvoir conclure que les variations colorimétriques des alluvions quaternaires sont significatives et que l'étude précise des couleurs est souhaitable.

Les considérations climatiques que nous avons développées pour le versant nord-pyrénéen, si elles s'avéraient plus tard susceptibles de généralisation, auraient l'intérêt, tout en maintenant la notion des glaciations multiples, de diminuer l'opposition entre les conceptions des glaciologistes (alternances répétées de climats glaciaires et interglaciaires) et celles des paléontologistes (longue période à faune chaude dominante et installation tardive d'une faune vraiment froide aux approches du Würm), ainsi que des préhistoriens (vie au dehors avant le Paléolithique moyen, recherche des abris aux approches du Würm).

BIBLIOGRAPHIE CITÉE

- ALIMEN H. (1951). — Actions périglaciaires et sols sur le versant nord-pyrénéen en Bigorre, *Rev. géogr. Pyrénées et SW*, t. XXII, p. 124-136.
- (1953 a). — Pétrographie des nappes alluviales de la Bigorre. Essai de corrélation et de chronologie. *B. S. G. F.*, (6), III, p. 377-391, 4 fig., 1 tab.
- (1953 b). — Grandes lignes de l'histoire glaciaire des Pyrénées de la Bigorre, *Congr. INQUA*, Rome-Pise, à l'impression.
- (1954). — Formations quaternaires de la vallée d'Aure, *C. R. Ac. Sc.*, t. 239, p. 1651-1653.
- BOURDIER F. (1950). — Essai sur l'évolution climatique du bassin du Rhône pendant le Quaternaire. *C. R. somm. Séances Soc. Biogéogr.*, n° 237, p. 130-136.
- CAVAILLÉ A. (1951). — Les sols de boulbène de l'Aquitaine et les climats quaternaires. *Rev. géogr. Pyrénées et SW*, t. XXII, p. 199-206.
- DEMOLON A. (1932). — La dynamique du sol. Paris, Dunod, 347 p.

- GÈZE B. (1947). — Paléosols et sols dus à l'évolution actuelle. *Ann. Ec. nat. Agric. Montpellier*, t. XXVII, fasc. IV, 25 p.
- (1951). — Réflexions sur le principe de la classification climatique des sols, 70^e Congr. A. F. A. S., Tunis, fasc. 4, 8 p.
-

OBSERVATIONS.

M. A. CAILLEUX. — Les couleurs des sols peuvent être repérées non seulement avec le Code Munsell, mais avec le Code Expolaire (N. Boubée éditeur, Paris), auquel est jointe une table permettant la transposition. Dans la présente étude, M^{lle} Alimen nous apporte, pour la première fois semble-t-il, une étude systématique fondée sur le repérage par rapport à un code, et il est souhaitable que cette méthode soit appliquée à l'avenir. A Varsovie, par exemple, la coupe du Quaternaire, étudiée par Ludwik Sawicki vers 1930, présente une belle succession de moraines et de sols rouges ou bruns, comprise entre le Pliocène et le Riss, coupe qu'il serait intéressant de comparer à la succession pyrénéenne.

EXISTENCE DE L'ÉOCÈNE MOYEN ET SUPÉRIEUR DANS LA RÉGION DE REDJAS-FERADA AU NW DE CONSTANTINE (ALGÉRIE)

PAR Guy Durozoy ET Jean Magné ¹.

Sommaire. — Dans la région de Redjas-Ferada au NW de Constantine, des marnes noires sans macrofossile reposent sur les calcaires de l'Éocène inférieur. L'étude de la microfaune a permis de les attribuer à l'Éocène moyen et supérieur, ce qui apporte d'importantes modifications aux schémas paléogéographiques admis jusqu'ici.

Au N de Redjas-Ferada, à 50 km à l'WNW de Constantine, au flanc sud d'un anticlinal dirigé WSW-ENE, des marnes noires sans macrofossile reposent sur une épaisse série calcaire de l'Éocène inférieur; elles ont été attribuées au Crétacé supérieur sur la dernière édition de la carte géologique de l'Algérie au 500 000^e (feuille de Constantine N)², mais leur position est dans ce cas difficile à expliquer par la tectonique. La microfaune³ étudiée par l'un de nous (J. M.) permet de dater ces marnes de l'Éocène moyen et de la base de l'Éocène supérieur (Lutétien supérieur et Bartonien) et de distinguer deux ensembles, séparés, au moins dans la région considérée, par une légère discordance cartographique.

DESCRIPTION DES AFFLEUREMENTS. — Les gorges de l'Oued Redjas, à l'aval de la mehta Bou Yrhed, permettent de relever la coupe suivante du N au S et de bas en haut :

1. Calcaires massifs en bancs réguliers, noirs et lisses à la cassure, sans macrofossile. Épaisseur : 100 m environ. La microfaune recueillie à la base dans des bancs plus minces et un peu schisteux est pauvre, mais permet d'affirmer la présence du Paléocène.

Nous noterons : *Globigerina triloculinoides* PLUMMER, *G. pseudobulloides* PLUMMER, *Globorotalia (Truncorotalia) cf. G. crassata var. aequa* CUSHMAN et RENZ, *Bulimina cf. B. ovata* D'ORB., *Osangularia cf. O. expansa* (TOULMIN), des *Cibicides* et quelques Miliolites.

A ces formes autochtones s'ajoutent des espèces sénoniennes remaniées (*Globotruncana*, *Gumbelina*).

Les dernières couches visibles doivent être proches de la base de la série

1. Note présentée à la séance du 6 décembre 1954.

2. Bien que l'âge éocène de marnes similaires ait été reconnu 1 km plus au N [Durand Delga et Sigal, 1952].

3. L'étude micropaléontologique a été effectuée au laboratoire de Géologie de la S. N. REPAL.

3 juin 1955.

calcaire : à 2 km au NNE, dans la vallée encaissée suivie par le G. C. n° 2, ces calcaires noirs reposent normalement sur des marnes noires représentant au moins partiellement la base de la série éocène [Durand Delga, 1952].

2. Calcaires noirs en banes réguliers à nodules de silex. Épaisseur : 40 m environ.

3. Série épaisse (180 m environ) de marno-calcaires et de calcaires noirs en banes réguliers avec passages plus marneux ; les quinze derniers mètres sont constitués par des marnes schisteuses à petit bancs calcaires intercalés. La microfaune assez pauvre et mal conservée, recueillie dans des bancs plus marneux du milieu de l'ensemble, ne permet pas de donner un âge précis. Celle contenue dans les marnes supérieures est beaucoup plus riche et essentiellement yprésienne¹.

Elle est représentée par : *Globigerina eocenica* TERQ., *G. pseudobulloides* PLUM., *G. cf. G. hornibrooki* BRONN., *Globorotalia acuta* TOULMIN (assez rare), *Gl. aragonensis* NUTTALL, *Gl. crassata* var. *densa* (CUSH.), *Spiroplectammina* sp., *Gaudryina soldadoensis* CUSH. et RENZ, *Uvigerina* cf. *U. eocaena* GÜMB., et des *Planulina*, *Lenticulina*, *Cibicides*, *Vaginulina*, etc...

4. Au-delà, ces terrains sont masqués par les alluvions et terrasses de l'oued, mais sur les berges de la rive gauche, des marnes noires schisteuses affleurent en amont et en aval du confluent de l'Oued Sabeur. Un échantillon recueilli en ce dernier point a livré une microfaune riche, typique de l'Éocène moyen-supérieur (Lutétien supérieur-Bartonien inférieur) : *Hantkenina* (H.) *alabamensis* CUSH., *H. (Appllinella) dumblei* WEINZIERL et APPLIN, *Globigerina linaperta* FINLAY, *G. dissimilis* CUSH. et BERMUDEZ, *Globorotalia cocoaensis* CUSH., *Gl. topilensis* (CUSH.), *Cassidulina* cf. *C. subglobosa* BRADY, *Bulimina* cf. *B. ovata* D'ORB., *Uvigerina* sp., *Cibicides* sp., *Vaginulinopsis* sp., etc...

Plus au S, les marnes noires éocènes disparaissent sous des marnes brunes fossilifères du Miocène, inférieur à moyen, du synclinal de Redjas, annexe occidentale du bassin miocène de Constantine ; la macrofaune est représentée par : *Ostrea crassissima* L. et la microfaune par : *Rotalia beccarii* (LANNÉ) (abondants), *Nonion* sp., *Bulimina* sp., et des Ostracodes.

Des marnes du Lutétien supérieur-Bartonien sont visibles dans les pentes entre l'Oued Redjas et l'Oued Melah, de part et d'autre de la mecha Bou Yrhed, notamment à l'Ain el Loucif (X : 805,60 ; Y : 357,10) où la discordance sur les marno-calcaires de l'Éocène inférieur est visible. La microfaune recueillie en ce point est pauvre et présente des affinités avec le Lutétien supérieur ; nous avons : *Globigerina linaperta* FINLAY, *G. cf. G. concinna* REUSS, *G. cf. G. danvillensis* HOWE et WALLACE, *Globorotalia* cf. *G. topilensis* (CUSH.), *Bolivina* cf. *B. moodysensis* CUSH. et TODD, *Valvulineria* sp., *Uvigerina* sp., et quelques Ostracodes.

Mais à l'E, dans la mecha Bou Yrhed et immédiatement à l'W, le long de la piste de Redjas à l'Oued Endja (X : 805,50 ; Y : 356,50), ces mêmes marnes, renfermant en ce dernier point des filons de gypse, ont fourni de belles microfaunes du Lutétien supérieur-Bartonien :

1. L'absence de Lutétien inférieur daté dans une série marno-calcaire considérée jusqu'ici comme l'englobant peut surprendre, de même que l'épaisseur de cette série. Mais on remarquera que le Lutétien supérieur est transgressif sur l'Yprésien. D'autre part, la valeur du rejet de failles, amenant des répétitions de série dans les marno-calcaires, peut être plus important qu'il n'est apparu d'abord.

Hantkenina cf. *H. alabamensis* CUSH., *Globigerina mexicana* CUSH., *G. aff. G. yeguaensis* WEINZIERL et APPLIN, *Globorotalia centralis* CUSH. et BERMUDEZ, *Gl. cocoaensis* CUSH., *Gl. topilensis* (CUSH.), *Bulimina truncana* GÜMB., *Uvigerina* cf. *U. eocaena* GÜMB., *Vulvulina* cf. *V. nummulina* (GÜMB.), *Spiroplectammina mississippiensis* (CUSH.), *Siphogenerina* sp. (abondante) et des *Cibicides*, *Miliolae*, etc...

Ainsi se dégage, au-dessus des calcaires marneux de l'Éocène inférieur et séparé d'eux par une discordance cartographique, un ensemble marneux (marnes noires, localement à boules de calcaire jaune) du Lutétien supérieur-Bartonien.

Un autre ensemble de marnes noires, d'âge un peu plus ancien, paraît exister au-dessus des calcaires à silex de l'Éocène inférieur, car, à quelques kilomètres à l'W, le long de la route de Rouached à l'Oued Endja, les marnes noires, situées immédiatement au-dessus de ces calcaires, ont fourni en un point une microfaune yprésienne (X : 801,23 ; Y : 356,90) :

Globigerina linaperta, *Globorotalia aragonensis*, *Gl. acuta*, *Gl. cf. G. crassata* var. *densa*, *Gaudryina soldadoensis*, *Gyroidina* sp., *Vaginulina* sp., *Cibicides* sp., etc...

Mais en un autre point très voisin (X : 801,42 ; Y : 356,85) une microfaune attribuable au Lutétien supérieur :

Globigerina linaperta, *G. cf. G. concinna*, *Bolivina* aff. *B. moodysensis*, *Nonionella insecta* (SCHWAGER), *Plectina eocenica* CUSH., *Cibicides* sp., *Bulimina* sp., *Lenticulina* sp., et quelques Ostracodes.

De même, au SW de Fedj-Mzala, au Koudiat Tenndart (X : 788,70 ; Y : 341,22) les marnes noires situées au sommet des calcaires de l'Éocène inférieur renferment une microfaune du Lutétien supérieur¹ :

Nombreuses Globigérines, *Globorotalia crassata* var. *densa*, *Bolivina* cf. *B. moodysensis* (abondantes), *Virgulina danvillensis* HOWE et WALLACE, *Bulimina* cf. *B. jacksonensis* CUSH., *Uvigerina* sp., *Lenticulina* sp., etc...

Il faut donc admettre, ou que les calcaires montent plus ou moins haut dans la série ou qu'il y a discordance, ou encore qu'il existe des contacts tectoniques difficiles à déceler dans des séries essentiellement marneuses ou enfin des remaniements de microfaune.

EXTENSION DE L'ÉOCÈNE MOYEN ET SUPÉRIEUR. — Dans une note récente G. et J. Glaçon [1954] viennent de révéler l'existence

1. Ces niveaux n'ont pas fourni ici de macrofaune. Mais dans la zone sud-tellienne, entre Sidi-Aïssa et Boghari, des microfaunes très comparables (bien que plus littorales), avec les mêmes Bolivines et Virgulines, sont datées par *Ostrea multicostata* var. *bogharensis* et des Thersitées [MAGNÉ in ORTYNSKI et PUECH, 1952].

de l'Éocène moyen et supérieur (où ils distinguent également 2 ensembles) sous le même faciès de marnes noires (mais avec, semble-t-il, des microfaunes un peu différentes et à formes pélagiques plus abondantes), au N de Sétif. La présence du Lutétien paraît donc générale dans le sillon tellien nord-constantinois et sa présence est probable entre Redjas et Lafayette. Vers le S, au-delà de la latitude de Mechta Chateaudun, les faciès deviennent plus littoraux (faciès à Nonionidés et Ostracodes).

Vers le N, la présence des marnes noires du Lutétien supérieur a été reconnue près du pont du Kebir sur la nouvelle route du col de Tamentout, au NW de Fedj-Mzala où, reposant sur les calcaires de l'Éocène inférieur, elles occupent le centre d'un synclinal bien dessiné (X : 786,25 ; Y : 359,25).

Nous avons recueilli en ce point de nombreuses Globigérines auxquelles s'ajoutent : *Virgulina danvillensis*, *Bulimina jacksonensis*, *Bolivina* cf. *B. moodyensis*, *Uvigerina* sp., *Siphogenerina* sp., etc...

La limite nord extrême reconnue se situe sur la même route, à 8 km au S du chevauchement bordier de Petite Kabylie, limitant au S les massifs anciens, dans une région par ailleurs très tectonisée. Au point (X : 783,75 ; Y : 362,50) nous avons :

Globigerina mexicana, *G. linaperta*, *G.* cf. *G. yeguaensis*, *Globorotalia cocoaensis*, *Gl.* sp., *Globigerinoides* cf. *G. index*, *Spiroplectammina mississippiensis*, *Uvigerina* cf. *U. eocaena*, *Cibicides* sp., *Anomalina* sp., *Cassidulina* sp., *Lenticulina* sp., etc.

DISCORDANCE DU NUMMULITIQUE SUPÉRIEUR. — La discordance du Numidien sur tous les dépôts antérieurs est évidente dans la région considérée ; cependant le contact avec les marnes noires du Lutétien supérieur-Bartonien est difficilement observable, du fait de la présence d'éboulis gréseux masquant la plupart du temps les contacts. Une coupe faite au S de la traversée de l'Oued Menar par la route de Tamentout (X : 783,30 ; Y : 361,25) montre des argiles noires fissiles à nodules ferrugineux, subordonnées aux grès numidiens, et probablement de même âge, à microfaune non caractéristique (Foraminifères à tests arénacés, essentiellement des Lituolidés : *Haplophragmoides*, *Cyclammina*), reposant en discordance légère, sans niveau détritique de base il est vrai, sur des marnes noires ou grises, à calcaires jaunâtres en boules. Dans ces dernières, un échantillon a fourni une microfaune du Lutétien supérieur-Bartonien :

Globigerina dissimilis, *Globorotalia cocoaensis*, *Gl. lehneri* CUSH. et JARVIS, *Hantkenina* cf. *H. alabamensis*, *Spiroplectammina mississippiensis*, *Siphogenerina* sp. (fréquents), *Gyroidina* sp., etc...

CONSÉQUENCES TECTONIQUES ET PALÉOGÉOGRAPHIQUES. — Les relations entre les différents ensembles distingués sont en accord avec les observations de G. et J. Glaçon [1954] ; notamment la phase orogénique pyrénéenne paraît devoir être placée entre le Priabonien supérieur (âge des argiles de base du Numidien) et le Priabonien inférieur.

L'indépendance possible (et peut-être locale) des marnes noires lutétiennes (ensemble inférieur) par rapport aux calcaires yprésiens et des marnes du Lutétien supérieur-Bartonien (ensemble supérieur) par rapport aux précédentes, montrerait que des mouvements précurseurs se sont produits alors, correspondant aux transgressions existant à la même époque dans la chaîne tellienne [Flandrin, 1948, pl. 8]. Nous insistons sur le fait que les observations effectuées sont malgré tout limitées et que des études ultérieures seront nécessaires pour préciser ces points. Un fait est certain : la présence de l'Éocène moyen et supérieur, sous des faciès néritiques assez profonds, dans une région où il était considéré jusqu'ici [Flandrin, 1948, p. 109] comme ne s'étant pas déposé.

BIBLIOGRAPHIE

- DURAND DELGA M. (1952). — Feuille au 50 000^e « Sidi-Merouane » (N° 50). Alger, Serv. Carte géol. Algérie.
- DURAND DELGA M. et SIGAL J. (1952). — Stratigraphie du complexe marneux « crétacé supérieur » dans le Nord-Constantinois (Algérie). *C. R. Ac. Sc.*, t. 234, p. 115.
- FLANDRIN J. (1948). — Contribution à l'étude stratigraphique du Nummulitique algérien. *Bull. Serv. Carte géol. Algérie*, n° 19, voir p. 109.
- GLAÇON G. et J. (1954). — Sur la présence d'Éocène moyen et supérieur dans la région de Lafayette et d'Aïn-Roua au N de Sétif (Algérie). *C. R. Ac. Sc.*, t. 238, p. 1053-1055.
- MAGNÉ J. in ORTYNSKI I. et PUECH J. (1952). — Aperçu des microfaunes caractéristiques des niveaux de l'Oued Guétérini. In Un nouveau gisement de pétrole en Algérie : l'Oued Guétérini. *C. R. XIX^e Congr. géol. intern., Alger 1952*, section XIV, fasc. XVI, p. 201-203.

OBSERVATIONS.

M. DURAND DELGA présente les remarques suivantes : Je tiens à souligner la très grande importance de la communication de MM. Durozoy et Magné. Lors du lever, que j'effectuai entre 1947 et 1952, de la feuille « Sidi-Merouane », les déterminations de microfaunes nous amenèrent, J. Sigal et moi [1952], à préciser que, au S de l'axe de la Chaîne numidique, le faciès de marnes noires,

considéré jusqu'alors comme typiquement sénonien, « représente de l'Éocène, en général inférieur, mais où certains échantillons renferment des formes qui pourraient faire songer à des niveaux plus élevés ». Je ne crus cependant pas possible de bouleverser l'ordre stratigraphique admis : à mes yeux comme à ceux de tous mes devanciers, les calcaires « suessoniens » couronnaient la série des marnes noires, la tectonique pouvant expliquer les superpositions anormales.

L'étude des échantillons recueillis dernièrement par G. Durozoy dans la même région amène J. Magné à attribuer une partie notable de ces marnes noires au Lutétien et au Bartonien. La reprise, par ce même paléontologiste, de l'examen de mes propres récoltes de 1947-1952 et d'échantillons tout récents confirme et étend cette constatation : en particulier les marnes noires formant un liseré au N de la bande de calcaires « suessoniens », allant du S de Tamentout à Kaa-el-Kef par le Dj. Shir, seraient attribuables au Lutétien supérieur (*p. p.* au moins). Plus au S, la situation est moins claire : entre les alignements « suessoniens » de l'O. Menar et du Dj. Imoula, une bande de marnes noires a fourni, selon les points, des microfaunes du « Paléocène », du Lutétien ou du Bartonien : cela laisse supposer des complications tectoniques mal déchiffrables. Il est vraisemblable — mais le critère micropaléontologique fait encore défaut — que des marnes stratigraphiquement supérieures aux calcaires « suessoniens » (dont la macrofaune, autour de Souk-Ahras en particulier, indique l'âge yprésien-lutétien inf.) existent plus à l'E, en particulier au SW et au N du Mcid-Aïcha : les rapports de ces marnes et des couches à Nummulites des environs d'El Karm et du Sidi-Dris sont actuellement à l'étude.

Il apparaît ainsi, à la lumière des études de G. et J. Glaçon [1954], de G. Durozoy et J. Magné, de ce dernier et de moi-même, que la région bordant au S les Babors et la Chaîne numidique, loin de jouer, au Lutétien, le rôle de seuil émergé entre le « bras de mer kabyle » et le domaine marin tellien-saharien, était occupée en réalité, comme A. Lambert¹ affirmait depuis longtemps, par une mer relativement profonde. La barrière empêchant, à cette époque, le mélange des faunes « méditerranéennes » du N et des faunes « africaines » du S, dont le travail de J. Flandrin [1948] soulignait l'opposition, devait consister en l'existence de fonds couverts d'épais dépôts vaseux, meubles, peut-être chargés de matières organiques toxiques. Il est vraisemblable que cette nouvelle interprétation devra être étendue à toutes les régions littorales d'Algérie-Tunisie.

Quant à la discordance du Néonummulitique sur les structures dans lesquelles l'Éocène est impliqué, si j'avais pu douter de son importance sur la feuille « Sidi Merouane », elle est indubitable au S de Tamentout, en particulier entre l'O. Menar et le haut Oued-el-Kebir, précisément dans le secteur où G. Durozoy vient à son tour de la remarquer.

1. Dans une étude inédite (1949) sur l'aménagement hydroélectrique du Djendjene inférieur, avec carte au 50 000^e (où une bonne partie des marnes noires au S de Tamentout sont considérées comme lutétiennes, avant toute étude paléontologique).

VAUGNÉRITES ET AMPHIBOLITES

Deux types de roches amphiboliques dans les Cévennes
à la hauteur de Largentière (Ardèche)

PAR Quirijn A. Palm ^{1,2}.

Sommaire. — Dans les terrains cristallins des Cévennes médianes, les vau-
gnérites, dont les compositions minéralogiques quantitatives et les textures
sont variables, se présentent en sills dans le granite alcalin de Rocles aussi
bien qu'en amas arrondis dans les gneiss adjacents. Dans ces derniers on trouve
également des amphibolites sous la forme de couches ou lentilles.

Les vau-
gnérites et les amphibolites se distinguent par la proportion des
plagioclases non-maclés (N), maclés polysynthétiques (A) et à macles com-
plexes (C). La localisation des roches en question dans un diagramme trian-
gulaire, selon la méthode de Masao Gorai, indique pour les vau-
gnérites une
genèse éruptive et pour les amphibolites une genèse métamorphique.

A. INTRODUCTION. — Des études pétrographiques détaillées des
terrains cristallins des Cévennes à la hauteur de Largentière ont
été effectuées depuis quatre ans par des étudiants de l'Université
d'Utrecht, sous la direction de M. le Professeur Nieuwenkamp ³.

La cartographie de la région, principalement constituée par des
micaschistes, des gneiss et différents types de granite, a mis en
évidence l'existence de deux types de roches amphiboliques, les
vau-
gnérites et les amphibolites, qui forment le sujet de cette note.

B. L'ENVIRONNEMENT GÉOLOGIQUE. — La région étudiée, con-
nue sous le nom de *Cévennes médianes*, a été décrite en dernier
lieu, par MM. Demay et Longchambon [1932] dans une note
traitant surtout de la tectonique antéstéphanienne. Avec ces
auteurs, nous distinguerons les grandes unités géologiques sui-
vantes (fig. 1).

1) L'ensemble de micaschistes, qui forme la partie sud-ouest et la bordure
sud de la région, et qui, d'après plusieurs auteurs, doit être considéré comme
la suite de la grande masse de micaschistes et schistes sériciteux des Cévennes
méridionales.

2) La série des micaschistes, gneiss, gneiss ocellés et gneiss granitiques qui

1. Note présentée à la séance du 13 décembre 1954.

2. Je tiens à remercier M. Goguel, Directeur du Service de la Carte géologique de
France, ainsi que M. Raguin qui ont toujours favorisé mes recherches pétrographiques ;
la présente note en donne un des résultats préliminaires.

3. Les résultats complets de ces travaux feront l'objet d'une thèse de l'auteur.

constitue la crête au S de la vallée de la Beaume ainsi que le flanc sud de la montagne du Tanargue. Nous appellerons désormais cette série les *Gneiss du Tanargue*.

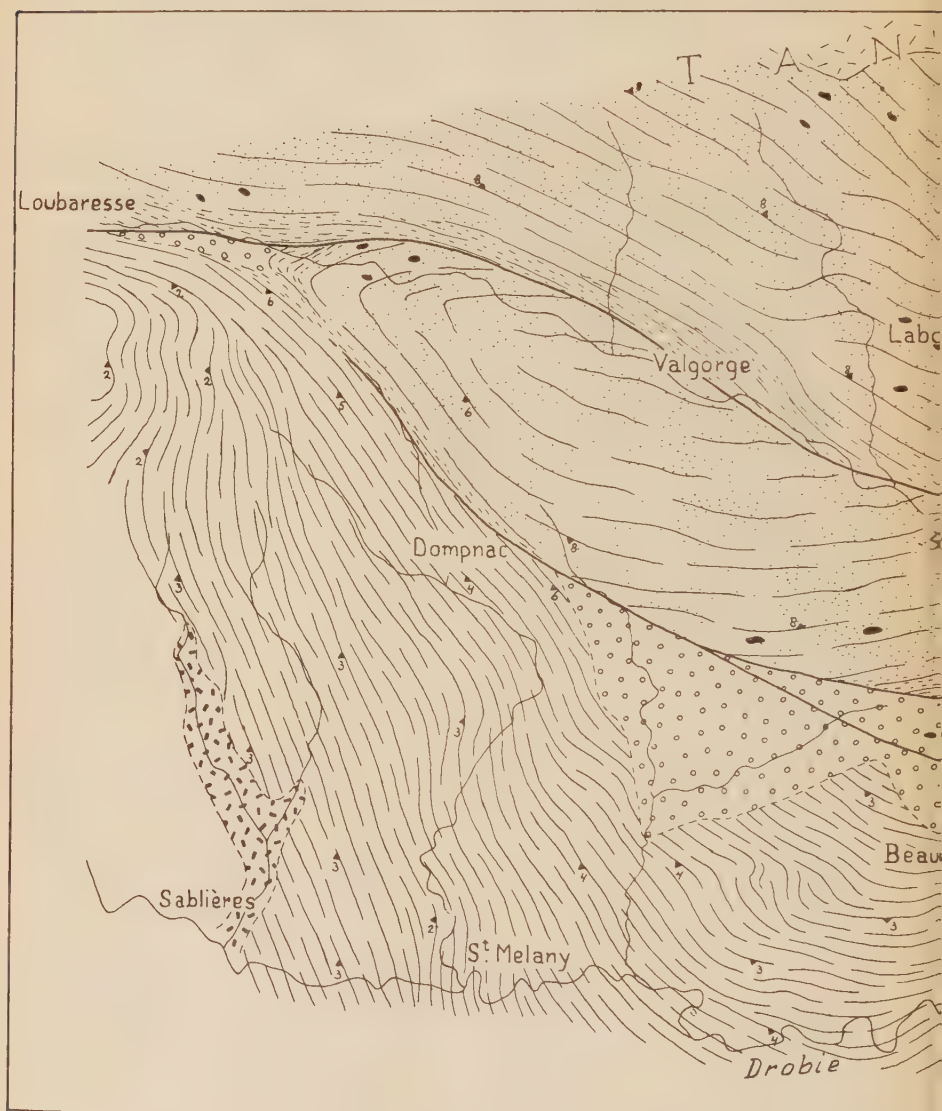
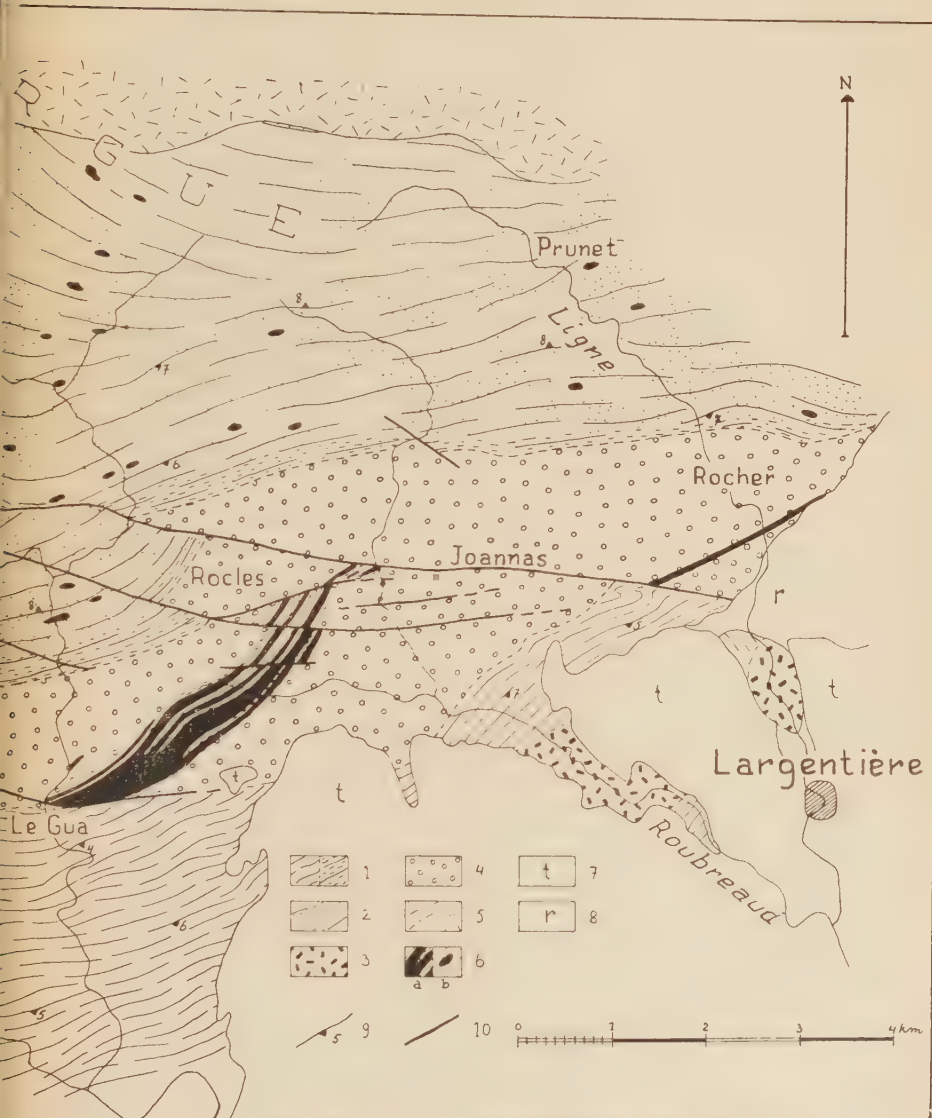


FIG. 1. — Carte géologique préliminaire des C

1 : ensemble des micaschistes ; 2 : Gneiss du Tanargue ; 3 : granite porphyroïde de Largentière
(a : dans le granite de Rocles ; b : dans les Gneiss du Tanargue) ; 7 : séries sédimentaires du Trias

3) Le granite alcalin de Rocles, qui se trouve intercalé entre les unités précédentes sous la forme d'un laccolithe allongé W-E.

A côté de ces grandes unités nous reconnaissons encore :



lanes à la hauteur de Largentière (Ardèche).

t : granite alcalin de Rocles ; 5 : granite à deux micas (granulite) du Tanargue ; 6 : vagnérîtes
ermien ; 9 : direction et pendage (en dizaines de degrés) ; 10 : mylonites ou zones mylonitiques.

4) Les granites porphyroïdes du type circonscrit de Largentière et de Saublières ; ce dernier fait partie du plus grand massif granitique de la Borne.

5) Le granite à deux micas (granulite) du Tanargue qui forme un massif circonscrit affleurant notamment sur la plus grande partie de la crête du Tanargue.

C. LES VAUGNÉRITES. — Ce type de roches amphiboliques se présente dans le granite de Rocles aussi bien que dans les Gneiss du Tanargue. Nous n'avons pas observé de vaugnérites dans la grande série des micaschistes. Les modes de gisement des vaugnérites dans les deux unités sont assez différents (fig. 1).

Dans le *granite de Rocles*, nous trouvons les roches en question sous la forme de bancs réguliers d'épaisseurs variables. En général on peut suivre ces bancs sur de longues distances. Ainsi pouvons-nous distinguer entre Rocles et le Gua plusieurs bancs qui sont séparés l'un de l'autre par des couches de micaschistes. Ceci apparaît nettement dans la partie centrale ; les couches de micaschistes deviennent plus minces vers le SW.

La concordance entre les micaschistes et les roches basiques fait penser qu'il s'agit ici de « sills » de vaugnérite. Micaschistes et vaugnérites forment ainsi un ensemble inclus dans le granite de Rocles.

Ce sont très vraisemblablement ces vaugnérites qui sont considérées par MM. Demay et Longchambon comme une variation magnésienne du granite de Rocles. Pourtant des filons de ce granite traversent aussi bien les vaugnérites que les micaschistes, preuve, à notre avis, que la mise en place du granite est postérieure à celle des vaugnérites.

On ne peut voir clairement si les sills dont nous venons de parler, déplacés à plusieurs reprises par des failles E-W, ont été en continuité avec celui qui se trouve plus à l'E, au S de Rocher. Ce dernier sill est difficile à suivre à cause des conditions défavorables du terrain.

En dehors des sills nous avons observé quelques amas vaugnéritiques, le plus souvent de forme allongée, entièrement entourés par le granite.

Dans les *Gneiss du Tanargue*, les vaugnérites se présentent tantôt sous la forme d'amas arrondis, tantôt comme des lentilles allongées selon la schistosité du gneiss. Les dimensions de ces amas varient depuis quelques dizaines de centimètres jusqu'à quelques dizaines de mètres. Nous n'y avons jamais observé de sills étendus comparables à ceux que nous avons décrits ci-dessus.

Sur la carte (fig. 1), nous donnons seulement les endroits où les vaugnérites ont été trouvées mais sans indication quant à la forme ou à la dimension des gîtes. D'autre part, la carte montre bien que les vaugnérites sont plus fréquentes dans la partie centrale du Gneiss de Tanargue.

•Remarquons enfin que la présence des vaugnérites n'est pas liée à un certain type de gneiss.

Pétrographie. La pétrographie des roches en question est assez complexe, car l'étude sur le terrain ainsi que l'examen des lames

minces ont révélé des variations quant à la texture et la composition minéralogique quantitative.

Avant de décrire les divers types de vaugnérites sur le terrain, nous allons donner d'abord les caractères généraux de ces roches.

Il s'agit en général de roches assez grossièrement grenues, de couleur vert foncé. Elles laissent voir à l'œil nu de nombreuses paillettes de biotite dans une masse principalement constituée par des prismes d'amphibole et des grains de plagioclase.

Au microscope, la texture grenue de ces roches est celle qui a toujours été considérée comme typique pour les roches éruptives.

Assez souvent, on observe macroscopiquement des roches plus finement grenues avec une texture gneissique ; microscopiquement, ces types montrent une texture fluidale.

Comme minéraux, on trouve : quartz, anorthose, plagioclase, biotite amphibole, apatite, sphène, zircon, minerais ; le pyroxène s'observe rarement. Comme produits de transformation nous citerons : chlorite, minerais, matière carbonatée (probablement calcite).

Le tableau I donne les compositions minéralogiques de quelques vaugnérites analysées.

Le quartz s'observe en grains irréguliers, quelquefois en concentrations locales sous forme de petites nodules.

Le *feldspath potassique* apparaît sous forme de plages claires et irrégulières englobant tous les autres minéraux. La valeur de 2 V (—) varie entre 48° et 62°, ce qui indique qu'il s'agit d'*anorthose*.

Le *plagioclase* se présente en cristaux subidiomorphes. Une séricitisation plus ou moins intense s'observe souvent. Presque toutes les lames minces examinées montraient des plagioclases zonés selon le mode normal, de sorte que les cristaux, dont la teneur en anorthite varie globalement entre 20 % et 40 %, ont souvent un ou plusieurs noyaux dont la teneur en anorthite varie de 40 % à 58 %. La plupart des cristaux sont maclés selon les lois : albite, albite-carlsbad, carlsbad.

La *biotite* se présente le plus souvent en assez grandes plages. Dans la roche la plus grossièrement grenue (tabl. I, n° 1) les cristaux atteignent des dimensions de plusieurs cm² ; le minéral y montre une texture poecilitique due à la présence de petits globules composés de fins cristaux d'amphibole. La biotite pénètre souvent les clivages de l'amphibole, ce qui suggère une épigénie partielle de l'amphibole par la biotite. Des halos pléochroïques se produisent autour des inclusions de zircon et d'apatite. La biotite se transforme (rarement) en chlorite incolore.

La biotite de la roche n° 1 (tabl. I) montre les caractères optiques suivants : indice de réfraction mesuré sur des paillettes de clivage : $n_{\gamma} = 1,605-1,610$; pléochroïsme : n_x jaune pâle, $n_{z,\gamma}$ jaune orangéâtre ; 2 V (—) = petit ; selon le tableau de Winchell il s'agit d'une *phlogopite* presque pure.

Pour les autres types : indices de réfraction : $n_{\gamma} = 1,619-1,645$; pléochroïsme : variable, mais toujours plus énergique, que celui de la *phlogopite* ; il croît généralement avec les indices de réfraction ; n_x jaune pâle, $n_{z,\gamma}$ brun orangéâtre ; ici il s'agit probablement de *méroxène*, dont les caractères optiques varient avec les teneurs en Mg et Fe.

DANS LE GRANITE DE ROCLES										DANS LES GNEISS DU TANARGUE					
ANALYSES	1	2	3	4	5	6	7	8		A	B	C	D	E	F
ÉCHANTILLONS	S54	O ₂₂₁	O174	S63	O84	O22	10J ¹	L98 ¹		G17	G100	O8E	N63 ¹	T3	O10E
Quartz	—	42	4	49	4	45	42	3		46	4	5	6	2	18
Anorthose	—	•	8	7	41	6	—	—		—	4	—	•	—	4
Plagioclase	—	20	35	36	41	50	55	46		20	24	34	28	21	42
Biotite	43	28	14	47	20	20	27	40		33	32	25	22	23	33
Amphibole	54	36	38	46	48	6	—	8		28	34	35	38	50	—
Apatite	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•
Sphène	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•
Minerais + Zircon	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•
Plagioclase An %	—	28-32	35-38	30-35	39-40	25-27	40-47			40	43-45	36-37	32-35		
Noyau An % max.	—	40	45	43	48		58								48

TABLE. I. — Composition minéralogique de quelques vaugnérites (en pourcentages) et teneur en anorthite des plagioclases.

— : absent, • : présent en faibles quantités. Apatite, sphène, zircon et minerais sont comptés ensemble (l'apatite domine largement).

L'*amphibole* apparaît sous la forme de cristaux idiomorphes allongés selon l'axe c , souvent maclés selon la face (100). Caractères optiques : $2V(-) = 78^{\circ}-84^{\circ}$, pléochroïsme : n_{α} presque incolore, n_{β} vert jaunâtre pâle, n_{γ} vert jaunâtre pâle, quelquefois des auréoles pléochroïques se produisent autour des inclusions de zircon ; indices de réfractions mesurés sur des lamelles de clivage : $n'_{\gamma} = 1,641-1,650$, $n_{\gamma}/c = 16^{\circ}-19^{\circ}$. Selon les diagrammes de Winchell, il s'agit d'amphiboles de la série *trémolite-actinote*, donc pauvre en Al et en Fe.

L'*apatite*. Les vaugnérîtes sont caractérisées par l'abondance de ce minéral, qui se présente tantôt comme des prismes fins, tantôt comme des cristaux plus gros, serrés et idiomorphes. Parfois les cristaux de ce dernier type ont des noyaux de couleur brune ou gris bleuâtre.

Le *pyroxène* se présente dans un seul échantillon sous forme de très petits cristaux probablement de *diopside*.

Le *sphène* est présent en cristaux idiomorphes et pléochroïques.

Discussion au sujet du nom de vaugnérîte. Le nom de vaugnérîte a été introduit en 1861, par Fournet, pour une roche qui se présente sous la forme d'un dyke dans les gneiss aux environs de Vaugneray près de Lyon.

Delesse en 1851 avait appelé cette roche une diorite micacée.

D'après une description de MM. Michel-Lévy et Lacroix [1887], l'orthose est abondant dans la roche, ce qui a permis à ces auteurs de conclure que la vaugnérîte n'est autre chose qu'un granite à amphibole et ne mérite nullement un nom spécial dans la série des roches granitiques.

En 1917, Lacroix, revenant sur la même question, remarquait que les 2 analyses de vaugnérîte faites par Pisani et Raoult ne confirmaient pas sa première conclusion et que, par le calcul de la composition virtuelle ainsi que par la composition minéralogique réelle, la vaugnérîte devait enfin entrer dans la famille monzonitique.

Plus récemment encore, Johannsen décrit un échantillon de la même roche. Selon cet auteur elle ne contient que très peu d'orthose et il remarque qu'elle n'est pas non plus une diorite quartzique ou tonalite à cause de l'abondance en minéraux mélanocrates (biotite, amphibole). L'auteur maintient donc le nom de vaugnérîte dans sa classification.

Si on compare, sur le tableau suivant, la composition chimique de la tonalite classique donnée par Tröger ainsi que la composition chimique moyenne de 19 tonalites donnée par Johannsen avec celle de la vaugnérîte d'après l'analyse de Pisani, on constate une différence remarquable surtout dans les teneurs en MgO et FeO ; à notre avis, c'est la preuve concluante que la vaugnérîte originelle ne doit pas être classée parmi les tonalites.

	Tonalite (Adamello) TRÖGER An. 132	Moyenne de 19 tonalites JOHANNSEN	Vaughnérite (Vaughneray) PISANI	Stavrite V. ECKERMANN
SiO ₂	59.62	66.22	49.00	51.00
TiO ₂	0.76	0.39	1.76	0.28
Al ₂ O ₃	17.30	15.66	17.20	5.97
Fe ₂ O ₃	1.14	1.22	0.93	0.47
FeO.....	4.14	3.11	6.30	6.82
MnO.....	0.09	0.04		0.11
CaO.....	6.45	4.56	6.00	5.44
MgO.....	2.60	2.15	9.40	24.45
Na ₂ O.....	2.42	4.24	2.21	0.00
K ₂ O.....	2.43	1.42	4.85	1.87
P ₂ O ₅	0.28	0.05	0.45	0.10
H ₂ O ⁺	2.51	0.76	2.60	1.64
	99.74	99.82	100.10	98.15

TABLEAU II.

Comme le montre le tableau I, il existe une variation considérable dans les compositions minéralogiques des roches analysées. Pourtant les quantités d'anorthose, même dans les types les plus riches, ne permettent pas de classer ces roches parmi les granites ou les monzonites. La composition minéralogique de ces derniers types est proche de celle d'un *granodiorite*.

Pour la plupart des roches, le nom de diorite quartzique n'est pas non plus applicable, d'après le raisonnement de Johannsen, à cause de l'abondance en minéraux mélanocrates; mais nous ne possédons pas encore assez d'analyses chimiques pour pouvoir effectuer cette comparaison. Pourtant, l'analyse microscopique des amphiboles et des biotites prouve que ces minéraux appartiennent aux types riches en Mg, ce qui justifie nos suppositions que la composition chimique, particulièrement quant à la teneur en Mg, ressemble à celle de la vraie vaughnérite.

C'est pourquoi nous pensons que le nom de *vaughnérite* est justifié pour les roches de la région de Largentière.

Il y a encore à signaler spécialement le type le plus mélanocrate de cet ensemble (n° 1, tableau I), qui se compose presque entièrement de trémolite et de phlogopite.

Des roches comparables furent décrites par von Eckermann [1928]: elles se présentent sous la forme de 2 dykes, dans la région d'Alnö en Suède. D'après la description de l'auteur, ce sont des roches assez grossièrement grenues et presque entièrement com-

posées de grammatite (trémolite) (62 %) et de biotite (30 %) avec un très faible pléochroïsme. Il a appelé cette roche « *stavrite* ».

On peut en conclure que la roche mélanocrate de Largentière est également une stavrite.

Ainsi, l'on peut, semble-t-il, distinguer dans l'ensemble des roches dont il vient d'être question sous le nom global de vaugnérîte, les 3 types suivants : stavrite, vaugnérîte, granodiorite.

Les caractères des vaugnérîtes sur le terrain. Les variations de texture et de composition minéralogique sont surtout visibles dans les sills entre Rocles et le Gua (fig. 2) : on y voit une certaine « différenciation », surtout marquée dans les sills les plus épais, phénomène qui se montre d'une façon nette sur le terrain et qui ne s'observe pas dans les sills plus minces.

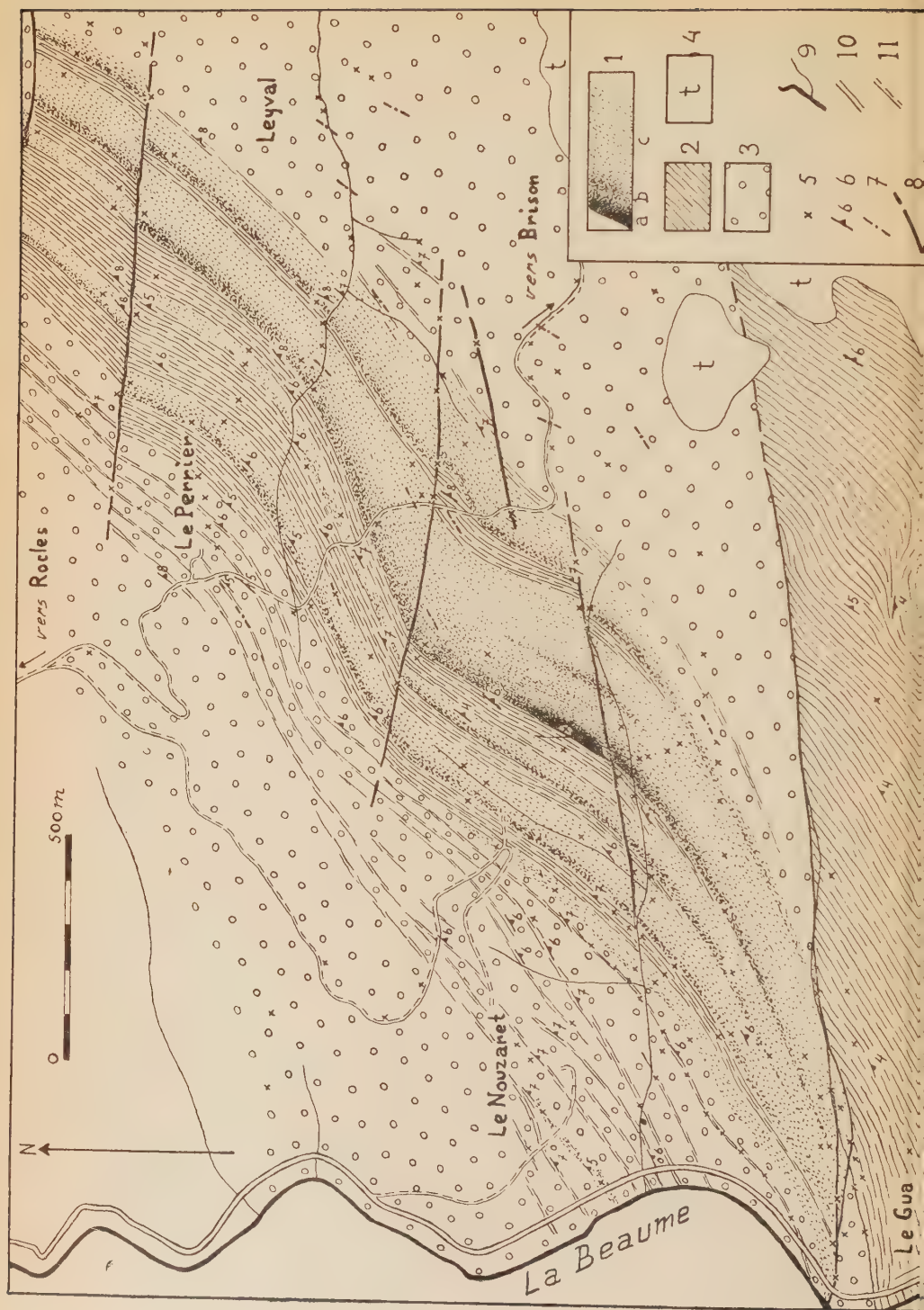
On voit que la partie nord-ouest, que nous considérons comme la base de ces sills différenciés à cause du pendage général vers le SE, est plus mélanocrate que la partie supérieure, de sorte que les éléments leucocrates, surtout le plagioclase, augmentent de bas en haut.

Cette variation dans la composition minéralogique coïncide le plus souvent avec une variation dans la texture, de telle sorte que les roches les plus mélanocrates, donc en général celles de la partie inférieure, sont plus grossièrement grenues que celles de la partie supérieure. Ces dernières montrent d'ailleurs souvent une orientation parallèle de la biotite, d'où une certaine schistosité qui donne à la roche l'aspect d'un gneiss comme nous l'avons déjà décrit plus haut. Quelquefois l'anorthose apparaît sous forme de fort gros cristaux, plus idiomorphes que les feldspaths potassiques qu'on trouve dans les gneiss coillés du Tanargue.

Comme la schistosité de la partie supérieure d'un sill est en général parallèle à la schistosité des micaschistes adjacents, la limite entre les deux roches est souvent vague, surtout si la vaugnérîte est assez finement grenue. Le contact de base du sill au contraire est toujours assez franc.

On voit également que les sills, en devenant plus minces vers le SW, deviennent également moins basiques en même temps que le faciès gneissique se présente plus fréquemment.

En plus des filons granitiques déjà signalés, des filons d'aplite et des veines pegmatitiques se rencontrent également. Le contact entre ces roches leucocrates et les vaugnérîtes est de nature variable, les contacts francs s'observant surtout pour les aplites, tandis que les contacts diffus sont caractéristiques des veines pegmatitiques..



L'étude de quelques contacts diffus entre pegmatite et vaugnérite nous a toujours montré que la dernière roche a subi certaines modifications qui ne se retrouvent pas ailleurs.



FIG. 3. — Partie d'un plagioclase maclé albite-carlsbad, partiellement transformé (explication, voir texte).

La fig. 3 montre une partie d'un plagioclase maclé albite-carlsbad, entouré de quartz (Q), de biotite (B) et d'amphibole (A.) Cette dernière est entièrement transformée en une masse de carbonate avec un peu de chlorite, ce qui apparaît très nettement en d'autres points de la lame mince où se rencontrent des pseudomorphoses, mais n'est pas bien marqué dans la partie de la lame mince figurée. La biotite, d'autre part, ne montre aucune transformation. Le plagioclase est zoné, avec un noyau (An_{52}), montrant nettement les macles de l'albite, les bords (An_{24}) ne comportant que les macles de l'albite, à peine visibles. On voit en outre des plages et des taches d'anorthose (O), dans le bord acide du plagioclase. L'anorthose possède la même orientation cristallographique que le plagioclase, avec coïncidence des faces (010) des deux minéraux. Il est donc probable que l'anorthose a remplacé partiellement le bord acide du plagioclase. Les taches noires figurent des gouttes de quartz dans le plagioclase, les gouttes possédant toutes une même orientation.

Légende de la figure ci-contre.

FIG. 2. — Carte géologique détaillée de la région entre Rocles et le Gua.

- 1 : vaugnérites (a : type le plus mélanocrate et grossièrement grenu, stavrite ; b : type mélanocrate grossièrement à moyennement grenu, vaugnérite s. s. ; c : type plus leucocrate et plus finement grenu souvent gneissique, vaugnérite à granodiorite ; 2 : micaschistes ; 3 : granite alcalin de Rocles ; 4 : Trias ; 5 : point d'observation ; 6 : direction et pendage (en dizaines de degrés) ; 7 : direction seule ; 8 : mylonite ; 9 : rivières ; 10 : route ; 11 : chemin ou sentier.

3 juin 1955.

Bull. Soc. Géol. Fr. (6), IV. — 41

En résumé, les processus qui se sont déroulés auprès des contacts pegmatitiques peuvent être représentés comme suit : 1^o transformation en carbonate et chlorite de l'amphibole : 2^o albitisation, transformation partielle en anorthose et silification du plagioclase. Dans ces mêmes conditions, la biotite est restée stable.

La manière dont le granite de Rocles se trouve en contact avec la vaugnérinite s'observe d'une façon nette dans le lit de la Ligne, dans le village de Lutte, au S de Rocher. La vaugnérinite se présente ici sous son faciès gneissique ; le faciès grenu et plus mélanocrate s'observe dans le prolongement sud-ouest du sill. Elle est traversée par de nombreux filons de granite, pegmatite et aplites.

Comme nous l'avons déjà décrit, les vaugnérinites se présentent dans les Gneiss du Tanargue sous forme d'amas basiques. Les recherches relatives à ces enclaves, surtout en ce qui concerne leurs rapports avec les gneiss, n'étant pas encore terminées, nous nous contenterons ici d'énumérer les phénomènes principaux.

Le contact entre l'amas et le gneiss est presque toujours diffus. On observe une structure zonée dans presque tout les gisements étudiés. Généralement, le noyau de l'enclave se compose d'une vaugnérinite grossièrement ou moyennement grenue. Une zone biotitique de dimensions variables se présente vers l'extérieur. Les paillettes de biotite de cette zone, qui passe graduellement au gneiss adjacent, sont le plus souvent orientées parallèlement au contact. Ce phénomène, pour les enclaves lenticulaires, donne lieu à une érosion concentrique.

Les lames minces des zones biotitiques montrent l'aspect d'un gneiss à biotite, dont les caractères micrographiques sont les mêmes que ceux des gneiss adjacents.

On peut ainsi définir la zone biotitique comme une zone de transition entre la vaugnérinite et le gneiss.

En certains endroits la masse n'est pas immédiatement bornée par le gneiss, mais en est séparée par une pegmatite, qui envoie également des veines dans l'amas. Nous avons observé quelques groupes d'amas arrondis, entourés par une pegmatite à biotite, ce qui produit l'aspect d'une agmatite.

D. LES AMPHIBOLITES. — Ces roches, beaucoup moins fréquentes que les vaugnérinites, ne se trouvent que dans les Gneiss du Tanargue ; elles s'y présentent sous forme de couches régulières, ou quelquefois comme des lentilles allongées suivant la schistosité du gneiss. Des amas arrondis semblables à ceux de vaugnérinites n'ont jamais pu être observés, d'où une première distinction entre ces deux roches.

Pétrographie. La pétrographie des amphibolites est moins complexe que celle des vaugnérinites.

Ce sont des roches d'un vert sombre, qui possèdent souvent une certaine schistosité produite par l'orientation de l'amphibole dans des plans parallèles. Le grain en est généralement assez fin et c'est pourquoi on ne voit à l'œil nu que les prismes fins de l'amphibole vert-noir et des grains de plagioclase.

Microscopiquement, l'amphibole et le plagioclase sont les minéraux principaux.

L'*amphibole* se présente en cristaux idiomorphes, parfois maclés selon la face (100). Elle est souvent poecilitique par la présence d'inclusions de plagioclase. Le minéral est une hornblende avec : $2V(-) = 78^{\circ}-80^{\circ}$; $n_{\gamma}/c = 15^{\circ}-20^{\circ}$; pléochroïsme : n_{α} jaune pâle, n_{β} vert brunâtre, n_{γ} vert brunâtre.

Le *plagioclase* s'observe en grains fins et sous forme d'inclusions dans la hornblende. La teneur en anorthite varie entre 37 % et 60 %. Des cristaux zonés inverses se présentent régulièrement. Les cristaux maclés sont peu abondants. Dans plusieurs échantillons les plagioclases sont entièrement, ou presque, transformés en séricite.

Comme autres minéraux il faut citer :

l'*ilménite*, toujours présente, et formant la plus grande partie des minéraux auxiliaires,

l'*apatite*, sous forme de très fins cristaux, qui n'est jamais présente en quantités comparables à celles qui caractérisent les vaugnérites,

le *zircon*, en très petits grains,

le *quartz*, en très petites quantités,

la *calcite* qui a été rencontrée dans un seul échantillon sous forme de quelques petites plages,

la *biotite* qui s'observe parfois, en paillettes nettement orientées selon la schistosité ; elle est très pléochroïque (n_{α} jaune pâle, n_{β}, γ brun-noir), ce qui la distingue des biotites des vaugnérites, elle s'altère ici en chlorite colorée et pléochroïque.

E. CONCLUSIONS. — Notre conclusion, en ce qui concerne la genèse éruptive ou métamorphique des roches étudiées, est fondée sur la méthode développée par Masao Gorai [1954].

Selon cette méthode, on peut diviser les plagioclases en 3 types : les plagioclases non maclés (type N), les plagioclases maclés albite ou péricline (type A) et les plagioclases maclés selon d'autres lois (type C). Si l'on détermine dans une roche le pourcentage de ces 3 types, on peut la situer dans un diagramme triangulaire dont les sommets sont N, A et C.

Dans la fig. 4, on voit que les points qui représentent l'ensemble des vaugnérites examinées, tombent dans le domaine éruptif, c'est-à-dire dans le domaine où se rencontrent les roches extrusives et la plupart des roches plutoniques étudiées par Masao Gorai.

Les amphibolites, au contraire, se placent dans le même diagramme tout près du côté A-N : c'est le domaine métamorphique de Gorai, où se groupent les schistes et gneiss de cet auteur.

Nous croyons donc pouvoir conclure que les vaugnérîtes sont des roches éruptives, formant des sills dont la mise en place dans les micaschistes est antérieure à celle du granite de Rocles. L'absence de minéraux résiduels ou de pseudomorphoses nous a donné l'impression que les vaugnérîtes n'ont subi que très peu de transformations après leur consolidation, sauf aux contacts avec des pegmatites où les modifications décrites ci-dessus semblent traduire l'action de la mise en place du granite.

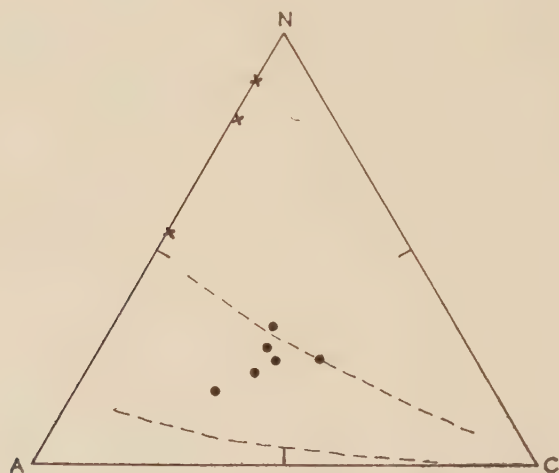


FIG. 4. — Diagramme N, A, C selon MASAO GORAI pour les vaugnérîtes (●) et les amphibolites (×).

Nous sommes arrivé à la même conclusion pour les centres vaugnérîtiques des amas basiques dans les Gneiss du Tanargue. D'autre part, le mode de gisement des vaugnérîtes en amas isolés, ainsi que la présence d'une zone biotitique autour des centres vaugnérîtiques passant insensiblement au gneiss, montrent, à notre avis, que les vaugnérîtes se sont mises en place antérieurement à la gneissification des roches encaissantes.

De la même façon, nous attribuons une origine métamorphique aux amphibolites. L'absence de minéraux résiduels et de reliques de roches anciennes nous empêche de connaître la nature des roches originelles. La question de savoir s'il s'agit des amphibolites du type para ou ortho reste donc en suspens.

BIBLIOGRAPHIE

- DEMAI A. et LONGCHAMON H. (1932). — Sur la tectonique antéstéphanienne des Cévennes à la hauteur de Largentière. *B. S. G. F.*, (5), II, p. 211-220.
- ECKERMAN H. von (1928). — Dikes belonging to the Alnö-formation in the cuttings of the East Coast Railway. *Geol. Fören. Förhandl.*, Bd 50, H. 3, p. 401.
- FOURNET J. (1861). — Note sur les roches éruptives modernes du Lyonnais. *B. S. G. F.*, (2), XVIII, p. 677-678.
- JOHANSEN A. — A descriptive petrography of the Igneous Rocks. vol. II et IV.
- LACROIX A. (1917). — La composition chimique de la vaugnérite et la position de cette roche dans la systématique. *Bull. Soc. fr. Minér.*, t. XL, p. 158-162.
- MASAO GORAI (1951). — Petrological Studies on Plagioclase twins. *Am. Min.*, vol. 36, p. 884-901.
- MICHEL-LÉVY A. et LACROIX A. (1887). — Sur le granite à amphibole de Vaugnéray (Vaugnérite de Fournet). *Bull. Soc. fr. Minér.*, t. X, p. 27-30.
- WINCHELL A. N. et WINCHELL H. (1951). — Elements of Optical Mineralogy. Part II : Descriptions of Minerals. 4^e éd.

LIMITES DIMENSIONNELLES ET NOMS DES FRACTIONS GRANULOMÉTRIQUES

PAR **André Cailleux** ¹.

Reprenant les données de J. Bourcart ², Dücker ³ et d'autres encore, j'ai réuni sur un même tableau synoptique 34 systèmes de nomenclature pour la granulométrie des galets, sables et limons ; systèmes établis en langues allemande, anglaise ou française, depuis 1890, par des géologues, agronomes et ingénieurs des Travaux publics. Si l'on fait abstraction des épithètes telles que grossier, moyen et fin, on voit que sur 51 noms utilisés, 45, soit près de 90 %, sont pris à la langue populaire, et 6 seulement sont des mots savants. Les différents auteurs proposent un nombre variable de noms, et donc de dimensions-limites.

Nombre de limites proposées.....	2	3	4	5	6	7	9
Nombres d'auteurs.....	1	6	14	3	6	1	1

Si chaque auteur propose peu de limites, au total sont proposées 41 limites différentes. Ainsi, à tout le moins, une certaine indépendance a existé entre ces systèmes ; même si on tient compte des ressemblances évidentes entre certains d'entre eux, chacun n'en implique pas moins un jugement distinct, et à ce titre ils autorisent un examen d'ensemble plus poussé.

Tout d'abord, les noms usuels, antérieurs à la géologie, et que nous tenons de nos prédécesseurs germains (ex. : *bloc*), latins (ex. : *poussière*), celtes (ex. : *boue*) et même préindo-européens (ex. : *caillou* et *gravier*), ont des limites dont les valeurs numériques s'ordonnent, en gros, en progression géométrique : ce qu'appréhendait la pensée populaire, bien avant nous, c'étaient déjà des rapports (cf. loi de Weber-Fechner en physiologie).

D'autre part, entre 2 mm et 0,1 μ , les différentes limites proposées par nos confrères, depuis 1890 pour les noms (en y incluant les noms savants comme *colloïde*), rallient un nombre de suffrages très variables :

	Total											
Nombre de limites	1	1	1	2	1	2	2	3	4	8	16	41
Nombre de suffrages.....	21	14	13	8	7	6	5	4	3	2	1	
% de suffrages.....	64	47	43	30	26	20	18	13	10	7	3	

1. Note présentée à la séance du 8 novembre 1954.

2. BOURCART J. (1941) : *B. S. G. F.*, (5), XI, p. 117-153.

3. DÜCKER (1948) : *Abh. Bodenmechanik u. Grundbau*, p. 59-62.

0,05	0,02	0,01	0,005	0,002	0,001	0,0005	0,0002	0,0001 mm
n	Lim	on	Schluff	Argile				
Farine	Silt			Clay				
ne	Silt			Clay				
ne	Silt			Clay				
très fin	Poudre			Colloïdes				
de fin	Limon			Clay				
lon	Poudre			Précolloïde	Colloïde			
is fin = Sablon	Poudre			Précolloïde	Colloïde			
n	Schluff			Argile				
Mo	Schluff			colloïde				
yen	fin	grossière	fine	grossier	fin	très fin	Ultra-	colloïde
ole	Limon			Particules	légivables			
Limon				Argile			Ultraargile	
	Silt							
t	Schluff			Ton				
Farine								
ssièr	fin			Argile	colloïdale			
sière	moyenne	fine		and	Loam			
	Silt			Vase				
	Poussière			et boue				
L	im	on		Argile	colloïdale			
sier	moyen	fin						
r	Sable	fin		Argile				
Mo	Schluff			Kolloïdschlamm	Ultra-			
	Schlamm			Korn	Ultraargile			
	gröbes			mittleres				
				feines				
Mehl	Schluff			Schlamm	Feinstes			
s	i			Schlamm				
sand	Grobschluff			Fernschluff	Schweb			
l	Schluff			Schlamm				
zhisand	Schluff			Roh-ton				
	Silt			Clay				
lon	Limon			Précolloïde	Colloïde			

Pédol. internat.

AFNOR 1939

 USA Bureau 1938
of soils 1890

 Krumbein et Sloss
1951
Dupuis

Pédol. Anglais

 Pomeroy et Fouet
1953

Bourcart 1951

Atterberg

Kopecky

 Kopecky
d'après Plaisance

 Bonnanfant
Travaux publics

Clarke

Twenhofel

Wentworth

Gallwitz 1939

Schenk

Rinne 1950

Hatchet Rastall

Thoulet

Cayeux

Wollny

Pédol. Franc. 1898

Terzaghi 1925

Ducker 1948

Grengg 1942

Niggli 1938

Fischer 1936

DIN 4022 1936

 Kopecky 1914-31
selon Casagrande

Rinne 1950

Plaisance

Bolomey

Cailleux 1954

Dans le calcul du % des suffrages, il a été tenu compte du fait que le nombre des suffrages exprimés varie suivant la région de l'échelle, allant de 24 (blocs) à 33 (sable).

La limite la plus nette, qui rallie 64 % des auteurs, est celle de 2 mm séparant les sables de la gravette. Puis viennent, ralliant environ 45 %, la limite de 20 μ séparant les sables des limons (= *schluff*) et celle de 2 μ , séparant les limons de ce que les agronomes, suivant l'usage populaire, appellent *argile* (= *clay* = *Ton*) et que les minéralogistes, entraînant les géologues, préfèrent appeler *précolloïdes*. La statistique met donc parfaitement en évidence les grands ensembles caractérisés, comme l'a montré magistralement J. Bourcart, par des comportements mécaniques et physiques bien différents : nos lointains prédécesseurs, agriculteurs et potiers, les distinguaient déjà nettement.

Outre ces trois pics majeurs, l'histogramme des limites de noms présente encore, vers les grandes dimensions, deux autres maximums, l'un vers 20 ou 25 mm, séparant la gravette des galets, et l'autre vers 200 mm, séparant les galets des blocs. Entre 0,8 et 0,2 mm, on note l'absence totale de limite : on est ici exactement dans le domaine des sables, et leur nom réalise, dans cet intervalle, un accord unanime, nulle part ailleurs rencontré. En dessous de 0,2 mm, en dehors des deux pics limitant les limons, les limites proposées se dispersent trop pour qu'il soit permis de les interpréter.

Deux des enseignements de cette statistique (progression géométrique d'une part ; et de l'autre, valeurs absolues ralliant le plus de suffrages) conduisent à signaler, comme dimensions-limites ayant le plus de chances d'être adoptées, les suivantes, qui se trouvent être celles d'Atterberg ; les noms sont donnés à titre purement indicatif, étant laissés au choix de chacun.

mm				% suffr.
200	Blocs	Blöcke	Boulders	33
20	Galets, cailloux	Schotter, Brock	Cobbles	26
2	Gravette	Kies	Fine gravel	64
0,2	Sable	Sand	Sand	19
0,02	Sablon, farine	Mo, Mehl	} Silt	47
0,002	Limon, poudre	Schluff		43
	Argile	Ton	Clay	

REMANIEMENTS DANS LES ALLUVIONS ANCIENNES DE L'OISE A CERGY (SEINE-ET-OISE)

PAR **André Vatan** ET **F. Boyer** ¹.

Sommaire. — Les auteurs étudient les phénomènes de remaniement en prenant comme exemple les alluvions anciennes de l'Oise, à Cergy, près Pontoise (S.-et-O.). Par l'étude granulométrique et minéralogique des matériaux, ils déterminent l'origine des alluvions. La comparaison avec les sables des différents étages tertiaires du bassin de l'Oise montre que les sables du Bartonien se retrouvent avec leurs caractères originels dans les alluvions, qui en sont formées presque exclusivement.

Les phénomènes de remaniements sont des plus importants. Plus on avance dans l'étude de la géologie, plus on se rend compte à quel point la nature est économe de son matériel. Dans le cycle allant du minéral de la roche cristalline et retournant à la roche cristalline sous forme métamorphique, les particules des roches sédimentaires ont une histoire très longue et compliquée, faite de reprises fréquentes dans un nouveau cycle sédimentaire.

Nous avons essayé, par l'étude d'un exemple précis, de voir comment se traduit le phénomène de remaniement dans le sédiment nouvellement formé. Est-il possible de retrouver l'origine du matériel ? Quelles sont les modifications subies par les cortèges minéralogiques et la granulométrie depuis le matériel originel ?

L'exemple choisi a été celui de la ballastière de Cergy près de Pontoise (S.-et-O.) dans les alluvions anciennes de l'Oise, non loin de son confluent avec la Seine.

Ces ballastières font, d'autre part, l'objet d'une fine analyse stratigraphique, basée en particulier sur les industries humaines, de la part du R. P. Chrétien, sous la direction de M. le Prof. Piveteau.

I. ÉTUDE MINÉRALOGIQUE. — A) *Minéraux légers.* Les éléments légers sont ceux dont la densité est inférieure à 2,9 (la densité du bromoforme employée pour faire les séparations).

On a fait sur tamis un examen fractionné de la fraction légère. En gros, on constate que le pourcentage en quartz augmente régulièrement en allant vers le fin.

1. Note présentée à la séance du 20 décembre 1954.

L'échantillon C³, par exemple, qui est un sable graveleux, présente ainsi la composition suivante : refus du tamis 14 (1,44 mm), galets calcaires assez aplatis, à patine jaunâtre, Nummulites et fragments de coquilles blanches (par opposition au calcaire jaune), fragments de meulière, quartz rare. Sur les tamis suivants, il y a augmentation de quartz sub-émoussés, avec des concrétions siliceuses qui peuvent être soit des fragments de meulière, soit des concrétions pédologiques, telles celles signalées par A. Cailleux, fragments de silex. Au tamis 35 (0,48 mm), les quartz moins émoussés apparaissent, accompagnés de glauconie. Au tamis 80 (0,22 mm), les éléments sont presque entièrement du quartz.

Avec l'échantillon C², l'évolution est la même. Sur le tamis 16, on a observé un quartz de néoformation en rosette (sans doute originaire du milieu des meulières). Au tamis 48 (0,40 mm), on trouve encore pas mal de grains de calcaire crayeux. Au tamis 60 (0,28 mm), ils sont beaucoup moins nombreux. Il y a surtout, comme élément calcaire, des fragments de coquilles blanches. A partir du tamis 80, il n'y a plus guère que du quartz, accompagné de glauconie et de spicules d'Éponge.

B) *Minéraux lourds*. Les minéraux lourds ont été séparés au bromoforme et montés au baume. Leur pourcentage a été évalué de deux manières différentes :

a) par comptage sur 100 minéraux transparents (en déplaçant le charriot, les minéraux sont comptés chaque fois qu'ils touchent la croisée des fils du réticule) (méthode hollandaise).

b) méthode volumétrique de Berthois. Le pourcentage des grains en volume est évalué d'après les cubes de leur largeur, en les affectant, pour le calcul du volume, d'une certaine correction, d'après un abaque établi par M. Berthois [1947].

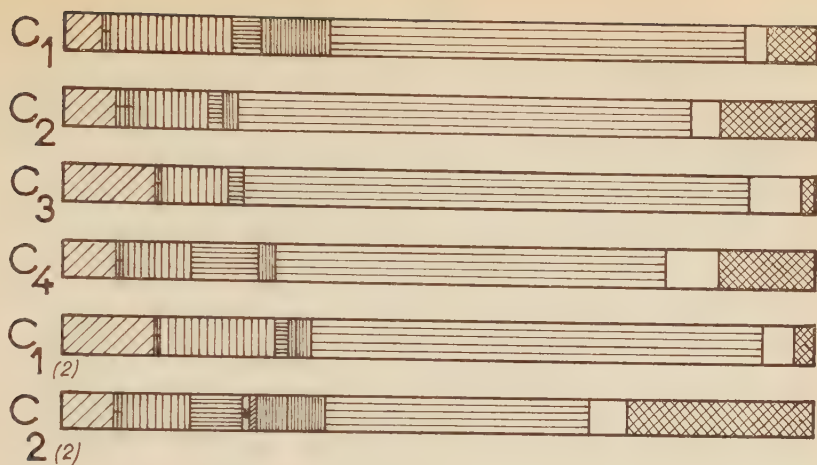
La dernière méthode a été employée pour permettre une comparaison plus aisée avec des résultats antérieurs de M. G. Brognon, sur le Bartonien du bassin franco-belge.

Les résultats par les deux méthodes sont exprimés dans la fig. 1; par la méthode volumétrique, ils sont les suivants (fig. 1, II) : tourmaline : 58 à 70 % ; andalousite : 7 à 14 % ; grenat : 0 à 6 ; staurotide : 7 à 18 ; disthène : 2 à 5 ; rutile : 0 à 5 ; topaze : 2 à 7. On voit apparaître aussi, mais en faible quantité dans deux échantillons, l'épidote et la hornblende.

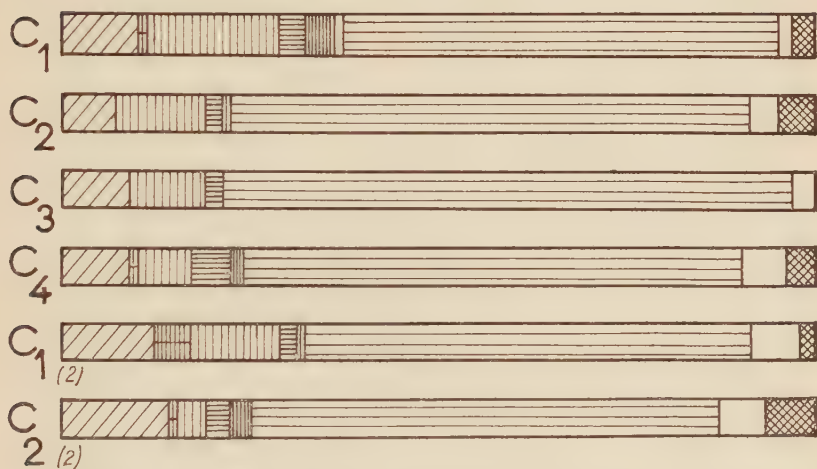
La comparaison entre les deux modes de représentation (en nombre et en volume) fait apparaître des caractères spécifiques du minéral : le zircon par exemple est généralement plus abondant en nombre qu'en volume (sa taille moyenne est faible).

Comparaison avec les matériaux sableux ayant pu fournir le matériel. L'Oise coule entièrement dans le Crétacé et le Tertiaire du bassin de Paris. La participation du Crétacé inférieur est certainement actuellement très faible : les petites rivières issues

I



II



Barlonien-Bassin de Paris (*d'après G. Brognon*) comp. moyenne.



LEGENDE

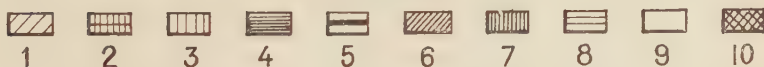


FIG. 1. — Minéraux lourds de Cergy. I : pourcentages numériques ;
II : pourcentages volumétriques (méthode Berthois).

1 : andalousite ; 2 : grenat ; 3 : staurotide ; 4 : disthène ; 5 : épidote ;
6 : hornblende ; 7 : rutile et anatase ; 8 : tourmaline ; 9 : topaze ; 10 : zircon.

du Pays de Bray ne paraissent pas fournir d'apports importants à partir du Wealdien ou des Sables verts. Il n'en a peut-être pas été de même au Quaternaire.

Localement, c'est le *Bartonien* qui est l'étage sableux le mieux représenté et c'est apparemment lui qui a fourni la plus grande partie du matériel sableux. Ce Bartonien du bassin franco-belge a fait l'objet, à l'Institut du Pétrole, d'un important travail pétrographique de la part de M. Georges Brognon.

Il est intéressant de comparer les résultats de l'étude minéralogique des sables de Cergy avec ceux de M. Brognon sur le Bartonien du bassin de Paris (voir fig. 1). La composition est à peu près la même. Il y a toutefois un peu plus de disthène et un peu moins d'andalousite dans les matériaux bartoniens que dans les sables de Cergy.

L'épidote et la hornblende rencontrées en trace ont été trouvées par M. Brognon dans le Lutétien et l'Yprésien. Ces deux étages sont encore assez mal connus du point de vue minéralogique.

Le *Lutétien* est en cours d'étude à l'Institut du Pétrole par M. Mennig.

Le *Thanétien* du bassin de Paris est uniquement connu, du point de vue minéralogique, par une note déjà ancienne [Vatan et Farchad, 1936]. On peut distinguer facilement d'après les minéraux lourds dans le bassin anglo-franco-belge, les deux provinces d'alimentation : la province A, dont le matériel provient des massifs fenno-scandinaves ; la province B, d'origine massif hercynien français. En ce qui nous concerne, le bassin de l'Oise n'est intéressé que par la province B ; c'est-à-dire que, au Thanétien comme aux autres étages du Tertiaire parisien, le massif hercynien français (Bretagne et surtout Massif Central) est seul à l'origine du matériel.

Remarquons en passant que les idées émises par l'un de nous (A. V.) sur le sens des apports ont sensiblement évolué depuis ses premières notes de 1936, époque à laquelle il cherchait à rattacher directement les minéraux des sédiments aux gisements des roches cristallines qui les contiennent. Ceci l'avait amené, vu l'abondance du disthène dans les sédiments du B. P. et dans les schistes cristallins bretons, alors que ce minéral est presque une rareté dans le Massif Central, à faire venir le matériel de l'W. L'étude du bassin d'Aquitaine a montré depuis que c'était simplement le résultat de l'érosion progressive du Massif Central qui attaquait encore au Tertiaire inférieur les micaschistes (couche méso de métamorphisme général) à disthène et staurotide. Notons cependant l'influence prépondérante des apports du NW, à partir d'un massif Armorique-Cornouailles, au Jurassique supérieur et au Wealdien, dans le NW du bassin de Paris (Pays de Bray, anticlinal de Beynes).

Le *Sparnacien* du Bassin parisien a fait l'objet d'une étude minéralogique minutieuse de la part de M^{lle} S. Duplaix [1948]. 4 échantillons, étudiés par cet auteur, proviennent du bassin de l'Oise : Rosson-s.-Matz, sur un petit affluent au NW de Compiègne ; Sinceny, dans le haut cours de l'Oise ; Saint-Martin-du-Tertre (E de Persan-Beaumont) ; Mery-s.-Oise, cours inférieur. Une autre série provient de sondages faits à Conflans au confluent de l'Oise et de la Seine.

La comparaison des résultats est assez difficile car, bien que ces résultats soient exprimés en nombre, ils n'ont pas été obtenus exactement de la même façon. Nous avons fait en effet les comptages par la méthode hollandaise (% des minéraux transparents comptés quand ils traversent la croisée des fils du réticule), M^{lle} Duplaix compte tous les minéraux d'une plaque, méthode évidemment beaucoup plus longue, mais qui donne à tous les minéraux leur chance d'être comptés, quelle que soit leur taille tandis que dans la méthode hollandaise les petits minéraux sont défavorisés. C'est peut-être ce qui explique en partie que le zircon est moins abondant dans les sables de Cergy que dans le Sparnacien.

Quoi qu'il en soit, l'andalousite paraît moins abondante dans les sables de Cergy que dans le Sparnacien ; enfin, la topaze, présente partout à Cergy, n'est pas signalée dans le Sparnacien.

Stampien. La comparaison minéralogique avec le Stampien est un peu plus difficile, car, dans le travail fait en collaboration avec M^{lle} H. Alimen [Alimen et Vatan, 1938], il n'avait pas été fait de comptages pour tous les échantillons, mais seulement une appréciation à vue des proportions ; enfin, la plupart des sables étudiés proviennent du S de Paris.

L'échantillon de la butte de Montjavoult a donné : zircon 38 %, tourmaline 25 %, rutile 14 %, staurotide 11 %, disthène, sillimanite, épidote.

La composition quantitative, sensiblement différente de celle des sables de Cergy, tient surtout à la granulométrie beaucoup plus fine et favorisant la richesse en minéraux fins comme le zircon.

Sables miocènes. Il n'y a pas, semble-t-il, d'influence sensible des sables miocènes qui n'affleurent en quantité importante qu'au S de la Seine ou à l'W. Ils ont par ailleurs une composition minéralogique nettement différente.

II. GRANULOMÉTRIE. — Les sables de Cergy sont formés de lentilles de sables fins bien calibrés et de sables graveleux avec des graviers et des galets formés de silex empruntés soit directement à la craie (ils sont alors très anguleux), soit empruntés, en seconde

main, aux galets des formations marines tertiaires. Ils sont alors roulés et présentent des marques de choc. On n'a pas fait l'étude systématique des pourcentages de ces différents types de galets.

Deux échantillons C^2 et C^3 sont des sables graveleux, dont les éléments de taille supérieure à 0,3 mm sont essentiellement des silex. Ils ne sont pas calibrés et montrent une courbe de sable fluviatile typique (fig. 2 C). Les 4 autres échantillons sont des sables fins, bien calibrés sans silex. Ils ont un diamètre moyen compris entre 0,15 mm et 0,25 mm (fig. 2 A).

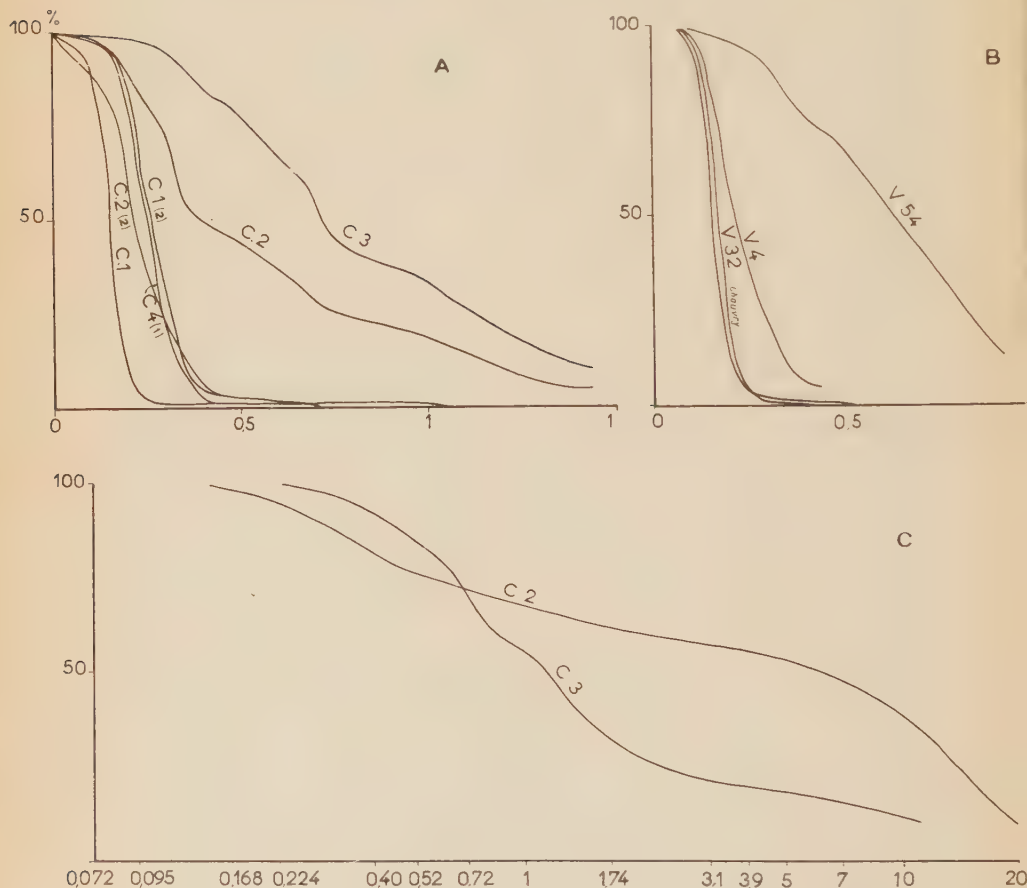


FIG. 2. — Courbes granulométriques cumulatives (en ordonnées : masses cumulées).

A : sables de Cergy (pour C^2 et C^3 ; fraction inférieur à 2 mm).

B : sables marins du bassin de Paris (V. 32 : Chars-Bartonien ; V. 4 : E de Luzarches-Yprésien ; V. 54 : Lutétien-Chauvry, Stampien).

C : Cergy (C^2 - C^3 échantillon complet). (Échelle des tailles logarithmique.)

On ne dispose, du point de vue granulométrique comme éléments de comparaison que : 1) des courbes granulométriques obtenues avec une échelle réduite de tamis par M^{lle} Duplaix pour le Sparnacien ; 2) des courbes établies par G. Brognon (surtout pour le Bartonien) (fig. 2 B) ; 3) des courbes établies par M^{lle} H. Alimen et A. Vatan pour le Stampien (fig. 2 B).

Les courbes granulométriques construites d'après les renseignements tirés du travail de S. Duplaix sont assez imprécises, car l'échelle des tamis employés était beaucoup trop lâche. On constate cependant que les sables sparnaciens sont en moyenne assez nettement plus grossiers que ceux de Cergy : diamètre moyen 0,4 mm.

Les courbes granulométriques du Stampien marin traduisent en moyenne un grain plus fin (d. m. 0,15 mm). Seul un des échantillons, C₁, a un diamètre moyen aussi fin.

CONCLUSION. — L'étude minéralogique et granulométrique comparée des sables de Cergy avec les matériaux ayant pu leur donner naissance montre que, selon toute vraisemblance, la fraction sableuse des sables de Cergy provient en grande partie du Bartonien local. Autrement dit : au moment de l'édification des niveaux de terrasse correspondant aux sables de Cergy, l'érosion attaquait une surface assez peu différente de la surface actuelle ; on peut penser que les surfaces structurales du Lutétien étaient beaucoup plus qu'aujourd'hui couvertes par les niveaux sableux et caillouteux du Bartonien et que la démolition de ces niveaux est en grande partie à l'origine des matériaux des terrasses. Il faut remarquer également à quel point les caractères originaux du sédiment sont conservés, tant du point de vue minéralogique que granulométrique.

BIBLIOGRAPHIE

- ALIMEN H. et VATAN A. (1937). — Contribution à l'étude pétrographique des sables stampiens. *B. S. G. F.*, VII, p. 141-162.
- BERTHOIS L. (1947). — Nouvelle méthode d'étude quantitative des assemblages de minéraux lourds. *Bull. Inst. océanogr.*, n° 912, 34 p.
- BROGNON G. (1948). — Minéralogie et granulométrie des sables bartoniens du bassin de Paris et de la Belgique. Rapport intérieur Inst. fr. Pétrole.

- CAILLEUX A. (1943). — Les alluvions anciennes de la Seine et de la Marne au voisinage du confluent. *Bull. Serv. Carte géol. France*, t. 44, n° 212, p. 39-61.
- (1947). — Faible importance du ruissellement dans les plaines atlantiques françaises. *C. R. Ac. Sc.*, t. 224, p. 138-140.
- (1948). — Carte des actions périglaciaires quaternaires en France. *Bull. Serv. Carte géol. France*, t. 47, n° 225, 7 p.
- DENIZOT G. (1930). — Les changements de niveaux du territoire français à l'époque quaternaire. *Rev. scientifique*, 26 avril et 10 mai, 15 p.
- DUPLAIX S. (1948). — Contribution à l'étude pétrographique des sables spar-naciens du bassin de Paris. *B. S. G. F.*, (5), XVIII, p. 493-510.
- VATAN A. (1937). — Étude minéralogique comparée des sédiments arénacés du bassin de Paris. *C. R. Ac. Sc.*, t. 205, p. 70.
- (1947). — La sédimentation continentale tertiaire dans le bassin de Paris méridional. Thèse, p. 185-188.
- VATAN A. et FARCHAD H. (1936). — Étude minéralogique des sédiments arénacés du Thanétien (Landénien marin). *B. S. G. F.*, (5), VI, p. 331-337.
-

FOSSILES DU JURASSIQUE SUPÉRIEUR
ET DES « GRÈS DE NUBIE »
DE LA RÉGION DE SANA (YÉMEN)
(récoltes H. KARRENBURG)

PAR **Éliane Basse, Herbert Karrenberg,**
Jean-Pierre Lehman, James Alloiteau
ET **Jean-Philippe Lefranc** ¹.

PLANCHES XXVI A XXVIII.

Sommaire. — Des faunes variées ont été recueillies récemment (1953) au Yémen, à 4 niveaux du Jurassique supérieur et dans les « Grès de Nubie » par H. Karrenberg, qui, ci-après, donne de cette région une étude stratigraphique comparative. Ces faunes ont été étudiées ici par J.-P. Lehman (Poissons), J. Alloiteau (Madréporaires), J.-P. Lefranc (Gastropodes des Grès de Nubie) et E. Basse (les autres Invertébrés).

Introduction.

La série mésozoïque du Yémen est encore assez mal connue dans ses détails, les récoltes sommaires effectuées jusqu'à présent ont été examinées notamment par Newton et Crick [1908], Tipper [1910], Cox [1938], Stefanini [1925]. Cette série constitue le prolongement méridional des affleurements jurassiques de l'Arabie centrale, étudiés récemment [1952] au Djebel Tuwaiq par W. J. Arkell [1952], R. A. Bramkamp et M. Steineke ; ces affleurements sont eux-mêmes en continuité avec ceux du Liban étudiés par Dubertret [1941], Cox [1925], Avnimelech [1945], Blake [1935] et avec ceux de l'Oman décrits par Pilgrim [1908, 1924], Lees [1928, 1929]. D'autre part, cette série se poursuit en Abessomalie où elle a été étudiée par Gregory [1925], Lamare [1930], Basse [1930], Cox et Muir-Wood [1935]. Les récoltes récentes [1953] de H. Karrenberg dans la région de Sana apportent une contribution nouvelle à la connaissance du Mésozoïque du Yémen.

1. Note présentée à la séance du 6 décembre 1954.

I. STRATIGRAPHIE DES TERRAINS SÉDIMENTAIRES
MÉSOZOÏQUES, SURMONTÉS DES « GRÈS DE NUBIE »

PAR Herbert Karrenberg ¹.

En 1953, au cours d'un voyage d'études au Yémen, j'ai eu l'occasion de lever une carte géologique sommaire de la région montagneuse de Sana, dans le Yémen moyen, ainsi qu'une coupe du

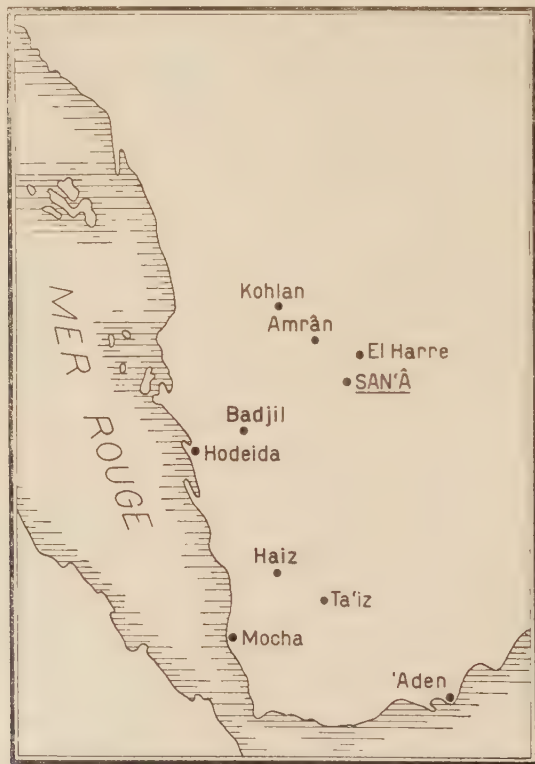


FIG. 1. — Situation géographique des principales localités du Yémen.

Jurassique au N de Sana. E. Basse, dont on connaît les travaux sur le Yémen [1930], a bien voulu se charger de la détermination des fossiles que j'ai recueillis et dont j'ai localisé les gisements sur la dite coupe (fig. 2). Les reliefs du Yémen moyen sont constitués par des terrains mésozoïques qui, dans les régions élevées, affleurent

1. Traduction par E. BASSE.

presque sans dislocations tectoniques ; leur pendage est en moyenne de 10° vers le S. Les régions montagneuses, fortement escarpées, tailladées, qui, à l'W, descendent vers la Mer Rouge, présentent la même succession de couches, coupée par quelques grandes failles, lesquelles font déjà partie du fossé d'effondrement complexe (graben) de la Mer Rouge. Le style tectonique simple des couches mésozoïques qui s'élèvent vers le N n'est pas sensiblement modifié par les failles, il se poursuit vers le Yémen septentrional et y détermine l'apparition du socle cristallin.

Parmi les études stratigraphiques concernant cette région, référons-nous en particulier aux travaux de P. Lamare et à ceux, plus récents, de C. Rathjens. Ces deux chercheurs ont donné, des couches mésozoïques, des coupes qui ne concordent pas complètement, bien qu'elles concernent à peu près le même territoire, nommément Amran-Kohlan, au NW de Sana. Les divergences sont mises en lumière par la juxtaposition (fig. 2) des coupes de P. Lamare et de C. Rathjens auxquelles j'ai joint celle que j'ai moi-même relevée près d'El Harre.

La succession stratigraphique débute, d'après P. Lamare, près de Amran, par des marnes feuilletées vertes, de 215 m de puissance, surmontées par 75 m de grès et de marnes sableuses. Les lignites interstratifiés près du sommet ont fourni à P. Lamare des Végétaux qui, d'après les déterminations de H. Carpentier [1932], devraient, avec quelques réserves, être rapportés au Lias. De la dite « série de Kohlan », C. Rathjens [1942] donne une coupe un peu différente, relevée au Djebel Aschmur, près de Kohlan. Il distingue 150 m environ de marnes feuilletées vert sombre, avec intercalations de couches sableuses de 5 à 7 m d'épaisseur. Ces couches reposent en discordance sur le socle cristallin par l'intermédiaire d'un conglomérat de base d'environ 2 m d'épaisseur. Cet ensemble supporte 80 m de grès jaune, puis 50 m de grès rouge. La puissance totale, 280 m environ, concorde très bien avec celle qui a été donnée par P. Lamare, soit 275 m. On peut donc admettre que les vues de ces deux géologues concordent. Les divergences dans la description pétrographique ne sont pas choquantes, car elles portent sur les changements graduels de faciès, dans une stratigraphie essentiellement changeante, et sur la prédominance progressive des grès. D'après un renseignement verbal amical du Dr O. Schmidt, la même formation, qui se poursuit vers l'W, avec une puissance supérieure à 700 m, près de Taur, au bord des montagnes, se compose ici exclusivement de grès et possède également un conglomérat de base formé de galets roulés venant du socle. Les grès sont, ici aussi, dépourvus de fossiles. Il ne semble pas certain qu'ils appartiennent effectivement au Lias ; il est concevable qu'ils représentent le Trias.

Cette « série de Kohlan » est partout recouverte en concordance par une succession de couches calcaires, la « série d'Amran ». P. Lamare indique près de 45 m de calcaires gréseux jaunes, de marnes sableuses et de calcaires cristallins, surmontés par un banc calcaire massif de 60 m (au total 105 m), C. Rathjens énumère : 30 m de calcaire gréseux jaune et, par-dessus, 70 m de calcaire gréseux dur, gris, formant un abrupt mesurant, au total aussi, 100 m.

L'accord des descriptions des coupes, jusqu'à présent satisfaisant, ne se maintient malheureusement pas pour les couches plus élevées. Toute division dans les variations de faciès ultérieures concernant les bancs calcaires durs et leurs parties tendres est délicate et arbitraire, de sorte qu'ici les divergences dans les relevés de coupes s'expliquent facilement. Pour la puissance de la série d'Amran (comprenant également le calcaire gréseux), P. Lamare indique 265 m, C. Rathjens, au contraire, 370 m, ceci pour presque la même région. Cet écart, dans l'évaluation de la puissance sur une aussi courte distance, est tout à fait invraisemblable. Ce désaccord peut peut-être s'expliquer par ce fait que C. Rathjens a superposé les couches du Djebel Hadur-esch-Scheich à celles du Djebel Aschmur, alors qu'en réalité ces deux montagnes offrent, en partie, à peu près la même succession de couches. C'est cette idée que j'ai exprimée sur la fig. 2, me rattachant ainsi aux vues de P. Lamare estimant à 265 m environ la puissance des couches jurassiques calcaires.

Près d'El Harre, où j'ai relevé une coupe, les couches du Jurassique ne sont malheureusement pas tout à fait découvertes, visibles.

Là, de même que près d'Amran, la partie supérieure consiste en une alternance de bancs calcaires clairs durs et de calcaires marneux tendres, en partie noduleux. Certains bancs tendres contiennent des fossiles à profusion, mais pour la plupart très mal conservés en réalité. La faune I provient d'un niveau situé à environ 100 m au-dessous de la limite supérieure de cette succession calcaire, au N de Bt Dahare, près d'El Harre, à environ 35 km au N de Sana ; elle comprend : *Protocardia somaliensis* Cox, *Pholadomya inornata* J. de C. Sow., *Cryptoplocus yemenensis* n. sp., *Favitopsis harrensis* n. sp., *Isastrocaenia* sp., *Microphyllastraea karrenbergi* n. sp., *Comophyllia corrugata* Kobay.

La partie terminale du Jurassique forme les « couches de transition » de P. Lamare. Leur puissance est, d'après P. Lamare, de 80 m, d'après C. Rathjens de 100 m, et d'après mes observations personnelles, près d'El Harre, également de 100 m. Elles correspondent, sur la fig. 2, aux numéros 1 à 4, qui les subdivisent en 4 zones, qui sont :

4 (environ 15 m). *Zone des schistes feuilletés et de la dolomie.*

Marnes grises ou jaunâtres et argile schisteuse, ainsi que dolomie caverneuse bréchoïde. C'est près d'El Harre, à 30 km environ au N de Sana, dans les schistes bitumineux sombres situés sous la dolomie que j'ai recueilli le Poisson référé au genre *Pleuropholis* par J.-P. Lehman.

3 (environ 30 m). *Zone des marnes gypseuses.*

Marnes et argiles marneuses blanches et verdâtres, contenant de nombreux bancs de gypse et d'anhydrite, exploités en maints endroits.

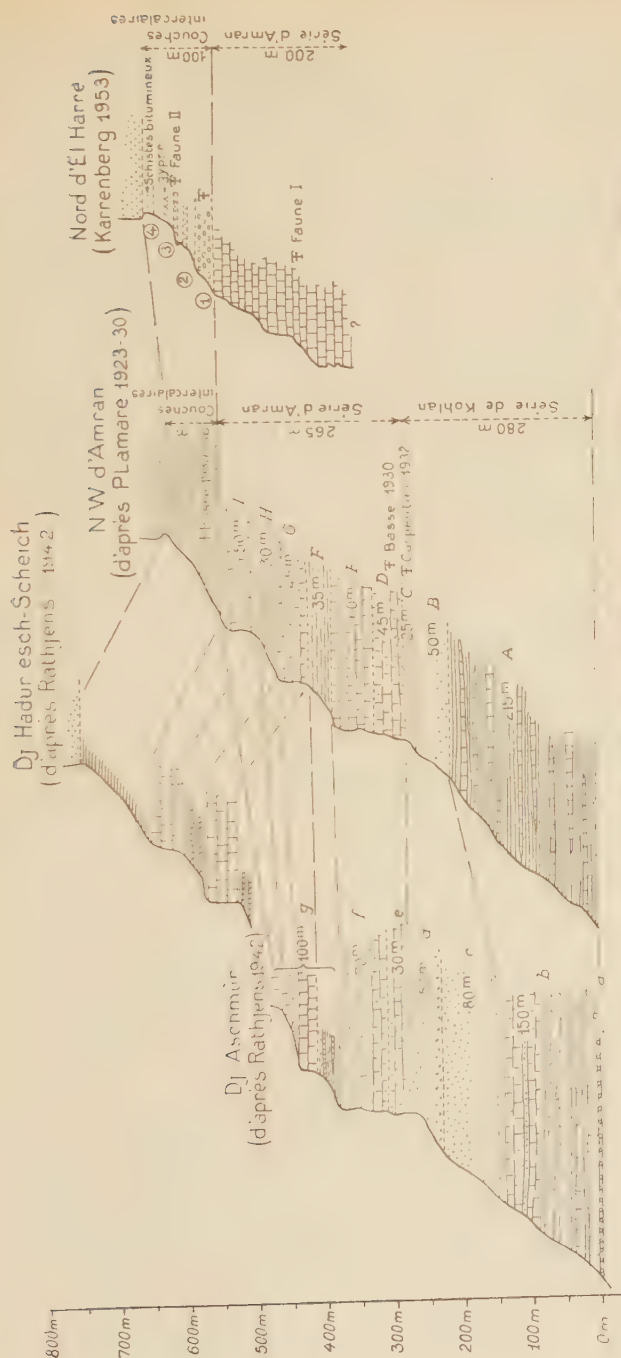


FIG. 2. — Comparaison des coupes des terrains mésozoïques levés dans la région de Sana respectivement par : Rathjens [1942], P. Lamare [1923-1930], L. Karrenberg [1953].

Coupe au NW d'Amran. A : marnes feuilletées vertes ; B : grès ; C : marnes sableuses et lignites ; D : calcaires gréseux ou cristallins, marnes ; E : banc de calcaire dur ; F : couches tendres ; G : 2^e banc de calcaire dur ; H : couches tendres ; I : 3^e banc calcaire dur ; J : quelques niveaux fossilifères étudiés par E. Basse [1930].

Coupe au Djebel Aschnur. a : conglomérat de base ; b : marnes feuilletées vert sombre avec intercalations de couches sableuses de 5 à 7 m ; c : grès jaune ; d : grès rouge ; e : calcaire gréseux jaune ; f : calcaire gréseux dur gris (faïence) ; g : calcaire grès avec deux bancs compacts. Les « Grès de Nubie », qui surmontent le Jurassique, sont figurés en pointillé.

2 (environ 30 m). *Zone des marnes et grès.*

Marne blanchâtre au milieu de laquelle se trouve un grès tendre *pro parte* à grain grossier, et à la partie supérieure de laquelle se trouvent des calcaires en plaquettes blancs, fossilifères (gisement de la faune II).

1 (environ 24 m). *Zone des marnes et calcaires noduleux.*

Alternance de calcaires en plaquettes blancs, compacts, de calcaires blancs noduleux et de marnes noduleuses. Ces dernières contiennent des fossiles analogues à ceux du gisement II.

Cette faune II, qui provient de la colline située à environ 2 km au NW d'El Harre, à 30 km au N de Sana, comprend :

Modiolus (*Pharomytilus*) *cf. perplicatus* ETALLON, *Exogyra nana* J. SOW., *Exogyra* *sp. ind.*, *Lopha karrenbergensis* *n. sp.*, *Gryphaea balli* (STEFANINI), *Praeonia rhomboidalis* (?) *sp.*, *Protocardia somaliensis* COX, *Cardium* *sp.*, *Pholadomya* (*Homomya*) *inornata* J. DE C. SOW., *Nerinea retrogressa* ETALLON, *Nerinea acreon* D'ORB., *Nerinea binodosa* ETALLON, *Nerinea salinensis* D'ORB., *Cryptoplocus subpyramidalis* MUNSTER, *Cryptoplocus* *n. sp.*, *Cryptoplocus yemenensis* *n. sp.*, *Globularia hemisphaerica* ROEMER, *Spinigera* *sp. ind.*, *Pseudocidaris thurmanni* ETALLON, *Terebratula subsella* LEYMERIE, *Comophyllia thamnastroides* GREGORY, *Plesiophyllum harrensis* *n. sp.*

La puissance totale du Jurassique calcaire et des « couches de transition » s'élève, tant au N qu'au NW de Sana, à environ 365 m. Si, depuis sa base, la « série de Kohlan » appartient réellement au Lias, alors le Jurassique, dans sa totalité, aurait environ 645 m de puissance. Il peut avoir la même puissance dans la région occidentale de la chaîne de montagnes située à l'E de Badjil, de même que dans le S du Yémen, entre Taiz et Haiz. En ces deux endroits prédominent toutefois des calcaires en bancs minces et même en plaquettes de teinte gris sombre à gris bleu, qui sont extrêmement pauvres en fossiles. Seuls des restes fossiles très mal conservés attestent, toutefois indubitablement, leur âge jurassique. Mais le faciès des « couches de transition » n'existe ni aux environs de Badjil, ni dans le S du Yémen. Bien que ce soit vraisemblable, nous ne pouvons affirmer que cette partie supérieure du Jurassique y soit là représentée par un faciès calcaire uniformément sombre.

Les couches jurassiques sont partout surmontées par les dits « Grès de Nubie », dénommés ici Grès épicontinentaux de Taouilah, dans lesquels, jusqu'à présent, aucun fossile n'avait été trouvé et dont par conséquent l'âge, qui peut se placer entre le Jurassique terminal et le Mésocrétacé¹ ou au-delà (?), n'est pas connu exactement. A la limite supérieure de ces grès, sur la rive sud du

1. Pour P. Lamare [1936, p. 58], la partie supérieure des « Grès de Nubie » pourrait être d'âge cénomanien.

Wadi Ridjam, à environ 30 km au NE de Sana, j'ai trouvé une roche remarquable où pullulent des Gastropodes d'eau douce. C'est un tuffeau « oolithique » siliceux qui fut déposé vraisemblablement à la sortie d'une source d'eau thermale quand, à la fin du dépôt des grès, l'activité volcanique de la formation de « Trapp » commençait (voir Pl. XXVIII, fig. 9 et 10). D'après E. Basse, il s'agirait soit d'oolithes soit peut-être d'un agrégat d'Algues sphériques ou de graines réduites à leur enveloppe externe, la substance végétale interne ayant disparu au cours de la fossilisation. Les Gastropodes appartiendraient peut-être au genre *Melania*, forme spéciale aux eaux douces, même chaudes, ou à un genre voisin. J.-P. Lefranc, spécialiste des rares faunes connues dans les Grès de Libye, a bien voulu les décrire, et J. Jung a examiné ce calcaire en lame mince (Pl. XXVIII, fig. 9). Son âge sera peut-être précisé par les études palynologiques en cours à l'Université de Krefeld.

II. POISSONS

PAR Jean-Pierre Lehman.

Pleuropholis bassei nov. sp.

Pl. XXVI et texte-fig. 3.

Parmi les espèces jurassiques du genre *Pleuropholis* EGERTON, certaines ont les hautes écailles du tronc à bord postérieur crénelé ; c'est le cas des espèces de Cérin revues récemment par P. de Saint-Seine [1949], soit *Pleuropholis thiollieri*, *Pleuropholis obtusirostris* et *Pleuropholis lienardi* ; ce caractère est aussi présent chez *Pleuropholis serrata* du Purbeckien de Grande-Bretagne et chez deux espèces des calcaires lithographiques de Bavière décrites par Biese en 1927 (*Pleuropholis wagneri* et *Pleuropholis pompecki*).

L'espèce d'Arabie a au contraire des écailles à bord postérieur lisse : elle se distingue cependant des espèces connues de *Pleuropholis* à bord lisse par d'autres caractères : la tête est plus grande proportionnellement que chez *Pleuropholis longicauda* ; l'anale étant, chez *P. bassei*, beaucoup plus proche de la caudale que de la pectorale, on n'a pas non plus affaire à *P. attenuata* ; le pédoncule caudal est moins élevé chez *P. formosa* et par suite chez *P. crassicauda* — qui a, d'après Woodward [1919], même diagnose que *P. formosa* à ce point de vue — que chez *P. bassei*. La hauteur de ce pédoncule caudal est chez *P. bassei* égale environ à celle

des plus hautes écailles mais égale aux deux tiers de celle-ci chez *P. formosa* et *P. crassicauda*. *P. laevissima*, du calcaire lithographique de Bavière, a un pédoncule caudal proportionnellement moins haut que celui de notre spécimen (d'après la figure d'Egerton [1858, pl. 7, fig. 3]). *P. bassei* semble donc distinct des espèces connues de *Pleuropholis* du Jurassique.

Toutefois, il est clair que ces diverses espèces devraient être révisées et leurs diagnoses précisées.

Les *Pleuropholis* crétacés ont été décrits par Traquair [1910] dans le Wealdien de Bernissart et par Janensch [1924] dans le Wealdien du Liban. *P. koerti* du Liban se distinguerait de toutes les autres espèces de *Pleuropholis* : 1° par le plus petit nombre de rayons dans les nageoires qui ne présentent que quelques fulcres ; 2° par sa caudale non bilobée ; 3° par un nombre moindre de rangées transversales d'écailles. Seul le second de ces caractères semble être aussi présent dans les fossiles de Bernissart ; ceux-ci sont trop mal conservés pour permettre une comparaison précise. On peut donc conclure que *P. bassei* est très différent de la seule espèce relativement bien connue parmi les *Pleuropholis* crétacés, *P. koerti*, mais que *P. bassei* semble morphologiquement moins éloigné des formes de Bernissart.

Récemment P. de Saint-Seine [1954] a fait connaître la présence du genre *Pleuropholis* dans les schistes bitumineux de l'étage de Stanleyville (Congo belge). Comme le travail complet de P. de Saint-Seine à ce sujet n'est pas encore publié, une comparaison plus précise des espèces du Congo et d'Arabie n'est pas encore possible.

La tête de *P. bassei* montre seulement quelques os de la joue et du repli operculaire (fig. 3) : une rangée d'os infraorbitaux (*Io*) est présente le long du canal infraorbitaire (*ioc*), à l'arrière de l'œil occupé par une tache pigmentée ; l'infraorbital supérieur est nettement plus large que les autres et la largeur des os infraorbitaux va en décroissant quand on suit le canal vers le bas. À l'angle supéropostérieur de l'œil était présent un petit dermosphénotique (*Dsph*) ; un os à l'arrière de celui-ci est probablement un sousorbital (*Sbo*) ; un supraorbital (*So*) est visible aussi au-dessus de l'orbite. Le préopercule (*Pop*) de forme triangulaire venait directement en contact avec les infraorbitaux ; il n'y avait pas, entre cet os et le préopercule, de sousorbitaux comme chez *P. wagneri* et *P. pompecki*. La joue rappelle donc plutôt celle de *P. thiollieri* mais l'opercule (*Op*) est beaucoup plus large que chez cette espèce ; il est vrai que l'on observe souvent des variations de forme de cet os à l'intérieur d'une même espèce d'Actinoptérygien. L'opercule était très haut comme chez le genre *Pleuropholis* en général.

DIAGNOSE. — Tête dans laquelle le préopercule vient directement en contact avec les infraorbitaux ; largeur de la tête comprise

environ cinq fois dans la largeur du corps, hauteur de la tête égale aux deux tiers de la hauteur maxima du tronc ; longueur de la tête environ égale à la hauteur du corps ; pédoncule caudal à

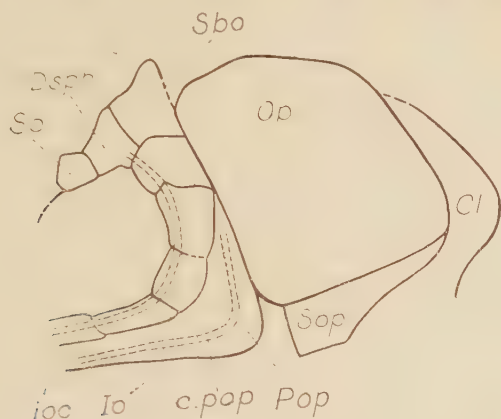


FIG. 3. — *Pleuropholis bassei* : détail de la joue. $\times 3$.

Cl : cleithrum ; c. pop : canal préoperculaire ; Dsph : dermosphénotique ; Io : infraorbitaux ; ioc : canal infraorbitaire ; Op : opercule ; Pop : préopercule ; Sbo : sousorbital ; So : supraorbital ; Sop : sous-opercule.

peine moins haut que les plus grandes écailles du tronc ; nageoire pelvienne un peu plus proche de l'anale que de la pectorale ; très longue nageoire pectorale ; écailles à bord postérieur lisse, non crénelé.

GISEMENT : zone 4 (voir p. 658).

III. INVERTÉBRÉS JURASSIQUES

(Madréporaires exceptés)

PAR Éliane Basse.

Mollusques.

Modiolus (*Pharomytilus*) cf. *perplicatus* ETALLON 1862

Mytilus perplicatus ETALLON [1862, p. 223, pl. XXIX, fig. 8].

Mytilus perplicatus ETALLON in de Loriol [1872, pl. XIX, fig. 10 et 11].

Mytilus (*Pharomytilus*) cf. *perplicatus* ETALLON in L. R. Cox [1935, p. 165].

D'après L. R. Cox [1935], *Pharomytilus perplicatus* ET. (Callovien à Kimméridgien) se distingue de l'espèce *plicatus* J. Sow. (= *sowerbyanus* D'ORB.), qui débute au Bajocien et domine dans

le Jurassique moyen, — espèce voisine mais rangée dans le sous-genre *Inoperna* Cox [1935, 1940] — par le fait que les côtes adjacentes au bord dorsal se divisent seulement en 2 et non pas en un grand nombre de petites côtes, comme dans *plicatus*. Cette espèce est citée avec certitude dans les faciès coralliens de diverses régions (Jura bernois, Haute-Marne, Schoa dans le S de l'Abyssinie, Dankali central, Tendaguru).

AGE. — Callovien-Kimméridgien.

GISEMENT : II (voir p. 660).

Exogyra nana (J. Sow.)

Pl. XXVII, fig. 3 a-c.

Ex. nana (J. Sow.) in L. R. Cox [1935, pl. XVII, fig. 16 a-b et p. 175] (synonymie).

Ex. nana (J. Sow.) in L. R. Cox [1952, p. 92, pl. X, fig. 2 à 4].

La synonymie abondante de cette espèce, souvent confondue avec *bruntrutana*, et dont L. R. Cox, en 1935, donne un inventaire assez complet, a été discutée par de nombreux auteurs, notamment par W. J. Arkell en 1932 [1929-37, p. 175], qui montre que cette forme va du Bajocien au sommet du Jurassique. On la trouve notamment dans l'Inde (Bathonien, Divésien), l'Abessinomie (Callovien), au Tendaguru. En Grande-Bretagne, elle se trouve dans le Kimméridgien inférieur des auteurs anglais, c'est-à-dire : dans les zones à *Pictonia baylei* et à *Rasenia cymodoce*.

GISEMENT : II.

*Lopha*¹ *karrenbergi* nov. sp.

Pl. XXVII, fig. 1 a-d.

Forme étroite, s'élargissant dans la région commissurale, et légèrement incurvée dans la région du crochet où s'est opérée la fixation, car il s'agit de la valve gauche.

Côtes assez aiguës, de modelé irrégulier, capricieusement ramifiées, relativement peu nombreuses et espacées, les principales issues du crochet. Cet ensemble de caractères la distingue de toutes les espèces actuellement connues.

COMPARAISONS. — 1^o Chez *Lopha rastellaris* (MÜNSTER) in Goldfuss [1834, t. II, p. 8, pl. LXXIV, fig. 3], en dépit de quelques analogies superficielles, les côtes, plus serrées, plus régulières, sont généralement issues d'une côte médiane et leur mode de division, dichotomique, n'engendre pas de côtes intercalaires ; de plus, la coquille, allongée, se rétrécit dans la région commissurale.

1. *Lopha* BOLTON 1798 (= *Alectryonia* FISCHER de WALDHEIM 1807).

2° *Lopha hastellata* (SCHLOTH.), dont le type est figuré par L. Krumbeck [1905, pl. IV, fig. 3 b], et qui est commune et polymorphe dans l'Oxfordien du Jura lédonien [de Loriol, 1904, pl. XXV, fig. 8-10], en diffère notamment par l'épaisseur de ses côtes et le rétrécissement de la coquille en direction de la commissure.

3° La forme de *Lopha gregarea* (J. Sow.) des couches à *macrocephalus* de l'Inde [Cox, 1952, p. 96, pl. IV, fig. 2 et X, fig. 7-13] est étalée en éventail, avec des côtes plus régulières.

4° *Lopha eruca* (DEFrance) (Bathonien supérieur à Oxfordien), forme très longue et très étroite, dont plusieurs spécimens indiens sont figurés par L. R. Cox, ne souffre pas la comparaison.

5° L'espèce la plus voisine de la nôtre : *Lopha solitaria* (J. de C. Sow.) des faciès coralliens, citée par L. R. Cox aux Somalis et figurée [L. R. Cox, 1935, p. 171, pl. XVII, fig. 9-12] s'en rapproche par ses côtes aiguës, rayonnant à partir de l'aire de fixation, se ramifiant tantôt par dichotomie, tantôt par intercalation, mais s'en distingue par la forme bien différente de la coquille, toujours plus élargie.

GISEMENT : II ; type : Pl. XXVII, fig. 1 a-d.

Gryphaea balli (STEFANINI) 1925.

Pl. XXVII, fig. 2 a-c.

Gryphaea balli (STEFANINI) in L. R. Cox [1935, p. 173, pl. XVIII, fig. 2 a, b et c surtout et aussi fig. 3 a, b et fig. 1].

Espèce variable, peu ornée, maintes fois décrite et figurée depuis 1925, bien représentée en Afrique orientale et dont L. R. Cox, en 1935, a donné une bonne revision critique. On en connaît plus d'une centaine de spécimens.

AGE. — Kimméridgien inférieur des auteurs anglais, soit : zone à *Pictonia baylei* à zone à *Aulacostephanus pseudomutabilis*.

GISEMENT : II, 2 exemplaires.

Praeconia rhomboidalis (?) sp.

Un moule interne, fragmentaire. Coquille allongée, très fortement inéquilatérale ; impression musculaire antérieure, seule visible sur l'échantillon, formant une saillie marquée, entourée d'un sillon profond ; remplissage de la région umbonale constituant un relief accusé.

Le genre *Praeconia* est très répandu au Jurassique.

GISEMENT : II.

Protocardia somaliensis Cox 1935.

Texte-pl. I, fig. 1 a-c.

Protocardia somaliensis Cox [1935, p. 186, pl. XX, fig. 2 a, b].

AGE. — Divésien-Argovien probable.

GISEMENT : I (voir p. 658).

Cardium sp.

Texte-pl. I, fig. 5 a-c.

Moule interne, sensiblement équilatéral. Empreintes cardinales vigoureuses, crochets écartés, légèrement proverses, ligne palléale bien marquée, légers filets granuleux radiaux.

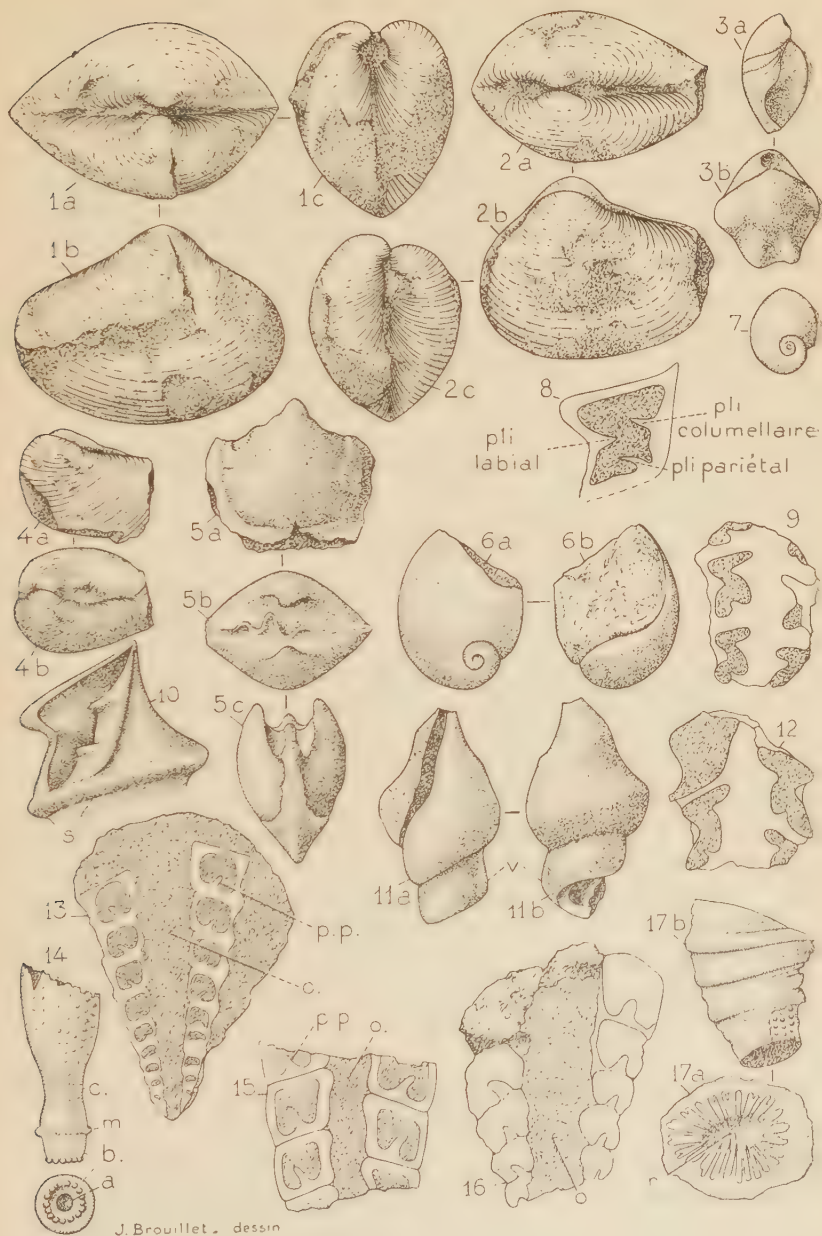
Un moule de *Cardium corallinum* LEYM., de forme voisine, est décrit et figuré par L. Krumbeck [1905, p. 119, pl. XII, fig. 8 b] des couches à *Cidaris glandarius*; une forme analogue est signalée déjà par Contejean comme si abondante qu'elle lui a servi à caractériser l'une des divisions du Kimméridgien [Contejean, 1859, p. 278].

GISEMENT : II.

Légende de la planche ci-contre.

- 1 a, b, c : *Protocardia somaliensis* Cox, gisement I; 2 a, b, c : *Pholadomya* (*Homomya*) *inornata* J. DE C. SOW., gisement I; 3 a, b : *Terebratula subsella* LEYMERIE, gisement II; 4 a, b : *Pholadomya* (*Homomya*) *inornata* J. DE C. SOW., gisement II; 5 a, b, c : *Cardium* sp., moule interne, G. N., $\times 2/3$, gisement II; 6 a, b, et 7 : *Globularia hemisphaerica* ROEMER, gisement II; 8 : Section schématique d'un tour de *Nerinea* montrant la position des plis; 9 : *Nerinea binodosa* ETALLON, gisement II; 10 : *Nerinea salinensis* D'ORB. (s, suture), gisement II; 11 a, b : *Spinigera* sp. indet. (v, varice), gisement II; 12 : *Nerinea acreon* D'ORB., section des tours (voir l'aspect extérieur Pl. XXVII, fig. 10), d'après D'ORB.; 13 : *Cryptoplocus subpyramidalis* MÜNSTER, section axiale (o, ombilic; p. p., pli pariétal), gisement II; 14 : base, grossie, d'un radiale de *Pseudocidaris thurmanni* ETALLON (c, collier, peu marqué; m, meule ou anneau, généralement strié; b, bouton ou tête, portant ici une couronne de 16 perles; a, facette articulaire), gisement II; 15 : *Cryptoplocus yemenensis* n. sp., section axiale (o, ombilic; p. p., pli pariétal), gisement I; 16 : *Cryptoplocus* nov. sp., section axiale (o, ombilic), gisement II; 17 a-b : *Plesiophyllum harrensis* n. gen., n. sp. (b, le polypier, vu de profil, G. N., $\times 4/3$; a, vu par sa face calicinale, usée et polie). G. N., $\times 4/3$. Sur le bord externe des septes, les granules sont vus grâce au décollement d'une petite région de la zone superficielle de la muraille. La cavité axiale a été fortement agrandie à la fraiseuse pour montrer l'absence de columelle. r, un des éléments radiaires sur lesquels le dessinateur n'a pas indiqué les étranglements et renflements successifs, correspondant aux rides septales.

Tous les spécimens dessinés font partie de la collection Karrenberg à Krefeld, et, sauf indication spéciale, ils sont figurés aux $2/3$ de leur grandeur naturelle.



TEXTE-PLANCHE I.

Pholadomya (Homomya) inornata J. DE C. SOW. 1837.

Texte-pl. I, fig. 2 a-c et 4 a, b.

Pholadomya inornata J. DE C. SOW. in H. Douvillé [1916, p. 55, pl. IV, fig. 5].
Ph. (Homomya) inornata J. DE C. SOW. in Cox [1935, p. 192, pl. XXI, fig. 5, 6, 7].

Coquille oblongue, crochets peu saillants, légèrement décalés l'un par rapport à l'autre sur l'un des spécimens. Absence totale d'ornementation rayonnante; côtes concentriques fines et régulières dans la région umbonale, irrégulières partout ailleurs. Les deux exemplaires sont des moules, comme toujours.

Ce groupe, d'après H. Douvillé, débiterait au Lias moyen et monterait jusqu'au Callovien. Moesch cite l'espèce dans le Callovien, mais elle semble avoir subsisté, en passant à l'espèce *hemicardia* (Oxfordien supérieur, jusqu'à la zone à *Streblites tenuilobatus*, du Kimméridgien inférieur).

COMPARAISONS. — L'espèce *hemicardia* ROEMER in Moesch [1874-5, pl. XXIII, fig. 1-6], d'un niveau plus élevé que celui du spécimen du Moghara référé par H. Douvillé à *Ph. inornata* J. DE C. SOW., diffère peu de cette dernière espèce. Les espèces *P. (H.) gibbosa* (J. SOW.), *martini* ROLLIER, *choffati* BORISSIAK sont assez voisines d'*inornata* J. DE C. SOW.; par contre *Ph. inornata* citée et figurée in Cossman [1907 p. 134, pl. I, fig. 17] doit être attribuée à *Ph. ovulum* AGASSIZ, de l'avis même de Cossman [1924, p. 53].

AGE. — Cette espèce est mentionnée dans le Bajocien-Bathonien du Sinaï et de Transjordanie; elle est citée par H. Douvillé dans le Bathonien de Perse et du Moghara et dans le Callovien probable du Moghara, et par L. R. Cox dans le Callovien des Somalis. *Ph. inornata* est encore signalée, avec *Trigonia pullus*, dans les grès et marnes du Jurassique moyen des Djebels Ataka et Galala en Nubie septentrionale et dans le Désert arabe (voir le tableau de synchronisation in P. Lamare [1930, p. 66]); elle se trouve aussi dans le Callovien d'Arabie centrale [Bramkamp et Steineke, 1952, p. 247-8] et dans l'Inde¹.

GISEMENTS : II et I.

Nerinella retrogressa ETALLON.

Pl. XXVII, fig. 9.

Nerinea retrogressa ETALLON [1859, p. 26].

Aptyxiella retrogressa ETALLON in de Loriol [1886, p. 118, pl. XI, fig. 13-14].
Nerinella retrogressa ETALLON in Cossman [1898, p. 130, pl. IX, fig. 30-32].

1. Notons l'absence de *Ceromyopsis striata* (D'ORB.) (Séquanien-Kimméridgien), cependant commun en Abessomalie [Basse, 1930].

Cette espèce est très grande, à petit angle spiral, à tours étroits ; son allure de tarrière la distingue facilement des formes voisines. Notre exemplaire correspond à un individu jeune.

Rappelons que *Nerinea* se distingue de *Nerinea* par ses tours toujours plus étroits et plus élevés, par sa suture correspondant, sur la coquille, à une arête saillante et non pas à une rainure sous un bourrelet ou entre des bourrelets comme dans *Nerinea*, par son ornementation formée de cordons.

AGE. — L'espèce est citée dans le Gard et dans le Ptérocérien de Valfin.

GISEMENT : II.

Nerinea acreon D'ORB.

Pl. XXVII, fig. 10 et texte-pl. I, fig. 12.

Nerinea acreon D'ORB. [1849, Prodrôme, p. 352, n° 77].

Nerinea acreon D'ORB. [1851, t. II, p. 96, pl. 254, fig. 6-7].

Nerinea acreon D'ORB. in Cossman [1898, p. 31, pl. II, fig. 21, 22 et 34 ; pl. III, fig. 4].

Nerinea de taille moyenne ; section des tours environ 2 fois plus haute que large, avec le dessin caractéristique (fig. 12) ; la couche interne du test présente des stries fortement obliques (Pl. XXVII, fig. 10).

COMPARAISONS. — *Nerinea visurgis* ROEMER du Rauracien, même supérieur in D'Orb. [1851, pl. 268, fig. 5-7] a un angle beaucoup plus grand et est finement orné ; la section interne de ses tours est nettement plus large.

AGE. — Oxfordien : Ardennes (Val Saint-Rémy, Neuvizy), Meuse. Rauracien : Calvados (Cordebugle).

GISEMENT : II.

Nerinea binodosa ETALLON 1859.

Pl. XXVII, fig. 8 et texte-pl. I, fig. 9.

N. binodosa ETALLON [1859, p. 34] (non figuré).

N. binodosa ETALLON in de Loriol [1886, p. 96, pl. IX, fig. 3-6].

Nerinea binodosa ETALLON in Cossman [1898, p. 48, pl. III, fig. 18-19 ; XI, fig. 38].

Quoique cette espèce — recueillie notamment dans l'Ain (Charix) et dans le Jura au gisement classique de Valfin — soit bien connue, la section n'en a été figurée ni par de Loriol, ni par Cossman ; l'aspect interne du tour apparaît seulement sur les fig. 3 et 5 de la pl. IX in de Loriol. Rappelons ses caractères :

Nerinea de grande taille, plutôt trapue ; tours presque 2 fois plus hauts que larges, de section caractéristique (Texte-pl. I, fig. 9) ; l'ornementation

consiste en une ligne de grosses nodosités de chaque côté de la suture (Pl. XXVII, fig. 8).

AGE. — Ptérocérien.

GISEMENT : II.

Nerinea salinensis D'ORB.

Pl. XXVII, fig. 11 et texte-pl. I, fig. 10.

N. salinensis D'ORB. [1849-50, p. 58, n° 15].

N. eudora D'ORB. [1849-50, p. 58, n° 16].

N. salinensis D'ORB. [1852, t. II, p. 150, pl. 281].

N. salinensis D'ORB. in Cossman [1896, pl. I, fig. 16].

N. salinensis D'ORB. in Cossman [1898, p. 48, pl. IV, fig. 7 ; V, fig. 1 à 3].

Description. Forme assez trapue ; tours très évidés, quelque peu étagés en gradins, séparés par de gros bourrelets tuberculés, sillonnés en leur milieu par la suture. Autrement dit : l'ornementation de chaque tour consiste essentiellement en 2 forts bourrelets nouveaux marginaux séparés par une excavation médiane accusée. Contrairement à *Nerinea sequana* THIRRIA, absence de cordonnets subgranuleux, cela jusqu'au diamètre de 15 mm. La coquille n'est pas ombiliquée. Ouverture losangique. La section du tour présente 3 plis simples (Texte-pl. I, fig. 10) : un pli columellaire, un pli labial, un pli pariétal. Les plis sont mal dessinés dans Cossman, par contre la figuration de d'Orbigny et la pl. V, fig. 1-3 de Cossman 1898 donnent une idée excellente de la forme. Son moulage externe en plastiline (Pl. XXVII, fig. 11) donne la forme exacte de la section du tour et des plis.

COMPARAISONS. — 1° L'espèce *salinensis* D'ORB. est plus trapue et plus fortement tuberculée que les *Nerinea* des formes coralligènes, en particulier que *N. sculpta*, et les échantillons du Yémen sont plus trapus que les représentants européens de *N. salinensis*.

2° L'espèce ptérocérienne *Nerinea sculpta* DE LORIOI, 1886 (= *Nerinea bourgeati* DE LOR.), nommée par Etallon en 1859, mais figurée seulement en 1886, pour la première fois par de Loriol, puis par Cossman en 1898 [pl. IV, fig. 12] et l'espèce séquanoptérocérienne *N. incisa* DE LORIOI 1886, également nommée par Etallon en 1859, ont un angle spiral beaucoup plus petit et une ornementation les distinguant de toutes les *Nerinea* trapues.

3° La forme ptérocérienne *Nerinea turbatrix* DE LORIOI (in Cossman [1898, pl. V, fig. 19]) ne semble pas avoir de tubercules sur les bourrelets.

4° *Nerinea sequana* THIRRIA [Cossman, 1898, p. 35, pl. III, fig. 6-8] du Rauracien-Séquanien a un angle spiral encore plus petit, des tours peu évidés, l'ornementation, comportant chez le jeune des cordonnets subgranuleux, s'atténue chez l'adulte.

5° Chez *Nerinea castor* D'ORB. [Cossman, 1898, p. 36, pl. III, fig. 13] du Rauracien inférieur, l'ornementation est nettement

plus faible que celle de *N. salinensis* D'ORB., et les bourrelets suturaux sont dépourvus de tubercules.

6^o *Ptygmatis mosae* (DESHAYES), du Rauracien-Séquanien [Cossman, 1898, p. 81, pl. VII, fig. 4 et 5] a une ouverture différente et des plis plus compliqués.

AGE. — Au Liban, *N. salinensis* est à la partie supérieure du Kimméridgien subrécifal, sous les couches à *Berriasella* (*Kossmatia*) *richteri* OPPEL in Zittel, au-dessus desquelles à nouveau se trouve *Balanocidaris glandifera* GOLDFUSS.

GISEMENT : II.

Cryptoplocus subpyramidalis MÜNSTER.

Pl. XXVII, fig. 4 et texte-pl. I, fig. 13.

Cryptoplocus subpyramidalis MÜNSTER in Cossman [1898, p. 157, pl. XI, fig. 35] (voir synonymie).

Forme autrefois rangée parmi les *Nerinea*, dont elle se distingue par son galbe trapu, évasé. Coquille largement ombiliquée, angle spiral de 35° en moyenne ; pli pariétal oblique, très marqué. Tours très nombreux nettement plus larges que hauts, sensiblement plans. Remarquer, sur le dessin fig. 13, la surface du moulage ombilical, de forme absolument différente de celle de *Cryptoplocus nov. sp.* (Pl. XXVII, fig. 5 et 6).

COMPARAISONS. — 1^o *Cryptoplocus depressus* s'en distingue par son ombilic étroit. L'espèce *subpyramidalis* MÜNSTER in D'ORB. [1852, p. 148, pl. 279], du Portlandien, en diffère nettement par son évasement beaucoup plus marqué.

AGE. — Cette espèce, géologiquement la plus ancienne du genre, est surtout répandue au Kimméridgien et au Portlandien ; elle est toutefois signalée dans le Rauracien (Haute-Saône, Côte-d'Or) et dans le Séquanien (Boulonnais, Suisse, Sicile, Allemagne : calcaires à *Diceras*).

GISEMENT : II.

Cryptoplocus nov. sp.

Pl. XXVII, fig. 5, 6 ; texte-pl. I, fig. 16.

Cette forme, qui a tous les caractères de la précédente : même coupe du tour, même forme du pli, même importance de la colonne, même angle spiral, en diffère toutefois par la forme externe du remplissage ombilical. L'un des exemplaires (Pl. XXVII, fig. 5), présente un moulage de l'ombilic permettant de rapporter à cette espèce nouvelle un très beau moulage ombilical isolé (Pl. XXVII, fig. 6).

Cryptoplocus yemenensis nov. sp.

Pl. XXVII, fig. 7 et texte-pl. I, fig. 15.

Cette Nérinéacée, représentée par deux exemplaires dont le test est épigénisé, se réfère au sous-genre *Cryptoplocus* PICTET et CAMPICHE 1861, par les caractères suivants : tours étroits, lisses, à peine convexes, ombilic large, présence d'un seul pli pariétal s'estompant parfois au voisinage de l'ouverture. Ce sous-genre, dont le type est *C. depressus* VOLTZ (Séquanien-Ptérocérien), largement distribué stratigraphiquement et géographiquement, comporte une douzaine d'espèces, toutes du Jurassique supérieur. C'est précisément de l'espèce-type *C. depressus* VOLTZ (= *Nerinea umbilicata* D'ORB. [1852, pl. 259] que se rapproche la forme du Yémen. La douzaine de figurations européennes de cette espèce montre des variations notables portant sur l'angle spiral, sur la hauteur des tours (autrement dit sur leur nombre par unité de longueur, ou densité), enfin sur la largeur relative de l'ombilic. COSSMAN [1898, p. 158, pl. XI, fig. 33-34 ; XII, fig. 3-4 et 11-12] a donné de cette espèce une bonne figuration, une synonymie détaillée et complète, enfin une description mise à jour.

La forme typique de *C. depressus* VOLTZ est, d'après ZITTEL, celle du récif de Valfin ; elle caractérise le sommet du Séquanien et le Ptérocérien et non pas le Rauracien où elle a été citée par erreur. La forme du Yémen s'en distingue essentiellement par ses tours moins hauts et son angle spiral plus faible, en particulier nettement plus faible que celui du spécimen de Valfin figuré par DE LORIOI (1886, pl. XI, fig. 10-11), par la proéminence plus grande du pli pariétal, et par sa columelle proportionnellement plus large. Il s'agit d'une espèce nouvelle.

GISEMENT. — I ; deux exemplaires de grande taille ; type : Pl. XXVII, fig. 7.

Globularia hemisphaerica ROEMER 1836.

Texte-pl. I, fig. 6 a-b et 7.

Natica hemisphaerica ROEMER [1836, p. 156, pl. X, fig. 7].

Natica hemisphaerica ROEMER in DE LORIOI [1886, p. 152, pl. XVI, fig. 7, 7 a] (bibliographie détaillée).

Natica cf. *armata* D'ORB. in Krumbeck [1905, p. 127, pl. XIII, fig. 9 a, b].

Natica hemisphaerica ROEMER in BASSE [1930, p. 142].

Globularia hemisphaerica ROEMER in COX [1935, p. 155, pl. XIV, fig. 2 a, b].

Globularia cf. *hemisphaerica* ROEMER in COX [1937, p. 333].

Ampullina libanotica DELPEY [1940, p. 88, fig. 62] (synonymie).

L'ouverture énorme et le tortillon surbaissé caractérisent cette espèce, souvent décrite et figurée, qui peut atteindre une grande taille. Spire courte, dernier tour très ample, ouverture à bord columellaire arqué. L'aplatissement de la région columellaire, bien visible sur les plus grands de nos moules internes (Pl.-texte I, fig. 6 b), correspond à la callosité ombilicale de la coquille.

AGE. — Cette espèce, signalée dans les couches de Stramberg, dans la zone à *Streblites tenuilobatus*, dans l'étage 14 de d'Orbigny, se trouve en somme dans le Corallien et surtout dans le Kimméridgien, en particulier dans le Kimméridgien libanais, où elle est associée à *Balanocidaris glandifera* et dans le Kimméridgien du Yémen.

Spinigera sp. indet.

Texte-pl. I, fig. 11 a-b.

Coquille fusiforme, allongée, étroite, enroulée en une spirale étirée ; ouverture sinueuse longue et étroite. Tours monocrénés, le dernier étant bicaréné comme chez *Alaria* ou encore *Rostellaria* et *Murex sensu lato*, tous genres bien représentés dans les faciès coralliens du Jurassique supérieur.

Sur l'avant-dernier tour du moule interne décrit, la présence d'une varice latérale, qui correspond sur la coquille au support d'une épine, permet de classer cette forme dans le genre *Spinigera* d'ORB. 1850, essentiellement jurassique, rangé autrefois dans le genre *Alaria*, au titre de sous-genre.

GISEMENT : II.

Échinides.

Pseudocidaris thurmanni ETALLON.

Pl. XXVII, fig. 12 et texte-pl. I, fig. 14.

Pseudocidaris thurmanni ETALLON in de Loriol [1872, p. 430, pl. XXVI, fig. 29, 30, 31].

Pseudocidaris thurmanni ETALLON in Desor et de Loriol [1868-72, p. 89, pl. XIII, fig. 10-12 ; XIV, fig. 1-14] (synonymie et bonne illustration).

Radioles glandiformes, atteignant 1 cm de diamètre. La tige, entièrement couverte de granules plus ou moins gros, généralement en files, est soit très renflée en massue, soit moins épaisse et portant alors des étranglements ; toutes les formes de passage ont été reconnues dans les gisements ptérocériens du Jura suisse. Col généralement peu marqué ; bouton médiocrement développé ; anneau ou meule à stries peu visibles. Malheureusement l'usure superficielle des radioles, effaçant les caractères cruciaux, est trop considérable pour autoriser une détermination irréfutable.

AGE. — Cette espèce caractérise surtout le Ptérocérien (niveau inférieur du Kimméridgien, sous le Virgulien), mais elle est signa-

lée depuis l'Oxfordien jusqu'au Portlandien inférieur notamment dans le calcaire séquanien à *Astarte* de la Haute-Marne.

GISEMENT : II.

Brachiopodes.

Terebratula subsella LEYMERIE.

Texte-pl. I, fig. 3 *a-b*.

Terebratula subsella LEYMERIE in de Loriol [1872, p. 412, pl. XXV, fig. 2 à 20].

Cette espèce a été bien figurée notamment par L. Krumbeck [1905, p. 84, pl. IX (II), fig. 6 *a-d* et 7 *a-d*] qui, dès 1905, peut déjà indiquer une synonymie abondante. Très répandue, sous des formes diverses, elle est citée notamment en Europe (Kimméridgien de Monthéliard, Aube, Haute-Marne, Portlandien de l'Yonne, Boulogne-sur-Mer, Jura argovien, Jura souabe, Baden, Mangy-schlak, Pologne, Caucase), au Liban, aux Somalis, Choa, enfin en Arabie par moi-même [1930, p. 136, pl. IV, fig. 12 *a-b* ; V, fig. 1 *a-b*] d'après les récoltes de M. P. Lamare à Djennat, Kholan, La tour de Karin, au col de Halamlam. Notons que la série d'Amran au Yémen est formée de calcaires et marnes à *Cidarius glandarius* et à *Terebratula subsella* ; ce dernier fossile caractérisant en Abessomalie les calcaires du Harrar et les calcaires de Lagagima qui les surmontent (voir le tableau de synchronisation in P. Lamare [1930, p. 66]).

GISEMENT : II.

IV. MADRÉPORAIRES JURASSIQUES

PAR James Alloiteau.

Famille : *Faviidae* GREGORY 1900 *emend.* ALLOITEAU 1952.

Genre : *Favitopsis* nov. gen.

C'est en étudiant — à la demande de M. Farag, son inventeur — une faune du Jurassique supérieur de Moghara, que nous avons reconnu, pour la première fois, l'existence du genre *Favitopsis* différent, à la fois, de *Favia* et de *Favites* qui sont des genres relativement récents ; l'apparition de celui-ci est postérieure à l'Oli-

gocène, celle du second au Pliocène. Malheureusement nous n'avons pu publier ni la diagnose du genre ni celle de l'holotype qui, croyons-nous, provenait du Bathonien-Callovien de Jeham (Égypte).

DIAGNOSE DU GENRE. — Polypier colonial, massif ; pas d'holothèque. Colonies cériôides constituées de polypiérites prismatiques à calices polygonaux, réunis par une muraille parathécale. Multiplication par bourgeonnement intracalicalin produisant des calices, très souvent allongés, irréguliers, excentriques. Éléments radiaires — probablement des costoseptes — disposés à la fois en symétrie radiaire et bilatérale ; leur bord distal garni de petites dents subégales ; généralement libres, ils peuvent parfois s'anastomoser par leur bord interne. Endothèque constituée de dissépiments minces, nombreux, s'étendant sur presque toute la longueur des chambres calicinales, jusqu'à la cavité axiale ; régulièrement développés et alignés sur une même aire, ils produisent des plates-formes subtabulées. L'organe axial est généralement une columelle pariétale rudimentaire, produite par l'union des bords septaux internes ; il peut faire défaut ; quand, en plaque mince, il a l'aspect d'une tigelle subcylindrique, c'est qu'un dépôt secondaire de calcaire l'a épaissi au cours de la fossilisation.

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES. — *Favitopsis* diffère de *Favia* (génotype *Favia fragum*) par le mode d'association des polypiérites (colonies cériôides) qui ne restent jamais associés en courtes séries, l'armature du bord distal, le faible développement de l'organe axial et la disposition subtabulée de l'endothèque. Ce dernier caractère le distingue de *Favites* qui possède en outre, au bord distal des septes, des dents inégales, fortes et peu nombreuses. *Favitopsis* ne peut enfin se confondre avec *Isastraea* chez lequel s'observent : une endothèque vésiculeuse, une columelle pariétale bien développée et des trabécules disposées en séries linéaires, perpendiculaires au plan médian des costo-septes.

Favitopsis harrensis nov. sp.

Pl. XXVIII, fig. 3 et 8.

L'échantillon figuré est proposé comme holotype.

C'est une petite colonie de forme irrégulière, tubéreuse (long. : 58 mm ; larg. : 33 mm ; épais. : 29 mm) sur laquelle les calices, qui apparaissent seulement par places, sont petits (2 à 3 mm de long. sur 1,5 à 2 mm de larg.). Les éléments radiaires sont en nombre très variable (22 dans un calice de 2 mm sur 2 ; 32 dans un de 3 mm sur 2, chez lequel la symétrie bilatérale est très marquée) ; ils paraissent disposés en 8 systèmes et sont de trois ordres de

grandeur (ce qui justifierait le nombre 32 ci-dessus) et sont très rarement anastomosés; la columelle est rudimentaire dans certains polypierites, absente chez d'autres; l'endothèque est subtabulaire.

GISEMENT : I.

Famille : *Actinastraeidae* ALLOIT. 1952.

Genre : *Isastrocaenia* GREGORY 1900.

Isastrocaenia sp.

Pl. XXVIII, fig. 6 et 7.

Nous rappellerons que c'est pour une espèce des « Upper Putchum beds » : *Isastraea kachensis* GREG., que Gregory a fondé le genre *Isastrocaenia* après avoir reconnu le caractère plocœide de ses colonies, la confluence des éléments radiaires et l'absence d'organe axial.

A la vérité, les caractères décrits dans la diagnose originale sont beaucoup moins tranchés sur les fossiles : la périthèque fait souvent défaut et les polypierites sont unis directement par leurs murailles, la confluence des costo-septes n'apparaît pas et des rudiments de columelle peuvent exister dans la cavité axiale.

A ce genre, nous rapportons un petit échantillon dont les calices sont assez mal conservés et qui ne nous a pas permis de préparer des sections en plaques minces. C'est pourquoi nous n'avons pas jugé possible de le spécifier.

Remarque. Nous avons reconnu la présence d'échantillons de la même espèce — ou pour le moins d'une espèce très voisine — dans le Jurassique supérieur de Moghara. Malheureusement, il nous a été, jusqu'ici, impossible de décrire cette forme.

GISEMENT : I.

Famille : *Montlivaltiidae* DIETRICH 1926 *emend.* ALLOITEAU 1952.

Genre : *Microphyllastraea* nov. gen.

M. karrenbergi nov. gen. nov. sp.

Pl. XXVIII, fig. 2 et 5.

Remarque. Il est impossible de classer le fragment de colonie récolté par H. Karrenberg dans les cadres actuels de la systématique. Il présente en effet les caractères de la famille des *Montlivaltiidae* mais ne peut rentrer dans aucun de ses genres.

DESCRIPTION DE L'ÉCHANTILLON. — Colonial, méandroïde, en lame peu épaisse (long. : 46 mm ; larg. : 31 mm ; épais. : 11 mm) ; calices groupés en séries longues, subdroites ou légèrement arquées, unies directement par leur muraille (sans ambulacres) ; dans les séries, les centres calicinaux, indistincts ou subdistincts, sont reliés par de longs septes de vallée ; collines tectiformes et vallées profondes (leur largeur varie de 7 à 10 mm), confluentes. Accroissement des colonies par gemmation intracalicinale mais débutant peut-être par bourgeonnement circumoral ; on observe, en outre, sur l'échantillon, deux vallées confluentes résultant du développement simultané de deux bourgeons sur le bord d'un même calice ; la colline séparant ces deux vallées n'atteint pas le centre (analogie avec ce qui s'observe chez *Microphyllia*). Éléments radiaires : sont des costoseptes compacts, subparallèles entre eux, et perpendiculaires aux crêtes des collines ; ils sont droits, libres à leur bord interne, de longueur inégale, mais, en épaisseur, légèrement inégaux de deux en deux ; leur bord distal, quoique très usé, porte les traces de dents fortes, égales, équidistantes, situées à l'extrémité des carènes, subverticales et également équidistantes, qui existent sur leurs faces latérales ; la densité des dents était égale à celle des carènes qu'on peut observer dans la région supérieure, soit 28-30 par 10 mm. Endothèque constituée de dissépiments nombreux, courts et minces et convexes distalement ; pas de planchers ; pas de synapticules. Columelle spongieuse, peu développée, émergeant au fond des calices sous forme de cinq ou six papilles à contour irrégulier, subpolygonal. Muraille parathécale entre les séries calicinales.

DIAGNOSE DU GENRE. — Colonial, méandroïde. Accroissement par bourgeonnement intracalicinal produisant de longues séries à centres indistincts ou subdistincts. Les séries, subrectilignes ou légèrement arquées, séparées par des collines simples, tectiformes ne renferment qu'un seul calice dans leur largeur. Pas de muraille entre les calices qui sont reliés par des septes de vallées longs et subrectilignes mais une muraille parathécale entre les séries. Éléments radiaires subparallèles entre eux mais non confluentes au sommet des collines. Ce sont des costo-septes compacts et libres ; leur bord distal armé de fortes dents coniques, égales et équidistantes qui forment le sommet de trabécules fortement carénées ; les carènes égales, équidistantes, très saillantes, sont fortement relevées sur l'horizontale et indiquent un angle d'inclinaison trabéculaire de 75 à 80°. Endothèque vésiculeuse, constituée de dissépiments minces et très nombreux. Ni planchers, ni synapticules. Columelle spongieuse, peu développée, à sommet papilleux.

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES. — Bien que fondé sur un seul fragment de colonie, le genre *Microphyllastraea* présente des caractères si particuliers et si bien marqués, qu'il se sépare facilement de tous les genres connus, en particulier de ceux que nous avons classés dans la même famille, les *Montlivaltiidae*. Il est assez voisin de *Mycetophyllopsis* OPPENHEIM 1930 qui est dépourvu d'organe axial et de septes de vallées ; il ne peut être confondu

avec *Phyllogyra* TOMES 1882 dont les séries sont courtes et les calices bien distincts, ni avec *Meandrastraea* D'ORB. 1849 à séries courtes, centres bien distincts et sans muraille, ni enfin avec *Comophyllastraea* ALLOIT. dont les colonies commencent à se développer par gemmation circumorale et dont les calices sont groupés par secteurs. *Microphyllastraea* correspond, dans la famille des *Montlivaltiidae*, à la fois aux genres *Microphyllia* et *Comophyllia* D'ORB. 1849 de la famille des *Latomeandriidae*.

GISEMENT : I.

Famille : *Latomeandriidae* ALLOITEAU 1952.

Genre : *Comophyllia* D'ORB. 1849.

Comophyllia corrugata Koby 1901.

Pl. XXVIII, fig. 1 et 4.

non *Latimaeandra corrugata* E. et H. 1849, *Ann. Sc. nat.*, 3^e sér., t. XI, p. 272.

non *Latimaeandra corrugata* E. et H. in Koby [1885, *Polyp. jur.* Suisse, p. 228, pl. LXVI, fig. 2 ; LXVII, fig. 1 ; LXXIV, fig. 6, 6 a].

Dimorphastraea corrugata E. et H. (*Latimaeandra*) Koby [1904, *Faune jur.* Portugal, p. 168, pl. XVI, fig. 6].

Nous avons montré que, sous l'étiquette *Latimaeandra corrugata* il avait été décrit des espèces appartenant en réalité à plusieurs genres. De *Latimaeandra corrugata* Edw. et H. (= *Meandrina corrugata* Mich.), nous avons fait le type du genre *Edwardsoseris* [1947, p. 212] et de *Latimaeandra corrugata* Koby ¹ celui du genre *Kobymeandra* [1953]. En nous référant à la description et la figuration de Koby [1904-1905, p. 100, pl. XVI, fig. 6], nous croyons pouvoir identifier un des échantillons de la faunule qui nous a été soumise à la *Dimorphastraea corrugata* Koby trouvée dans le Séquanien de Cesaréda (Portugal). Toutefois, c'est au genre *Comophyllia* D'ORB. que nous rapporterons l'exemplaire provenant du Yémen aussi bien que le spécimen portugais figuré par Koby. Ils se classent en effet dans la famille des *Latomeandriidae* comme *Comophyllia* et présentent, comme ce dernier, un bourgeonnement intracalical terminal, devenant dichotome à certains moments, ce qui produit des vallées confluentes et des collines discontinues.

Il est à noter que *Comophyllia corrugata* Koby sp. peut très facilement se confondre avec des espèces homéomorphes comme

1. Il s'agit de *L. corrugata*, 1886 [Koby, 1881-87, p. 228, p. p., pl. LXVII, fig. 1, non pl. LXXIV, fig. 6].

Coeloria ? *platygyra* et *Latimaeandra d'Archiardii*, deux espèces de Reuss, assez communes dans l'Oligocène de Crosara.

GISEMENT : I.

Comophyllia thamnastroides GREGORY *sp.*

Archaeoseris thamnastroides GREGORY [1900, p. 153, pl. XVIII, fig. 2].

Nous rapportons à l'espèce de Gregory deux petites colonies dont l'une est en assez bon état de conservation. Nous ferons, toutefois, remarquer que le genre *Archaeoseris* ne possède aucun caractère qui le distingue de *Comophyllia* D'ORB. ; il doit rentrer dans la synonymie de ce dernier genre qui a la priorité.

Autre remarque : les deux spécimens pourraient être confondus avec *Protozeris choffati* Koby 1905, espèce du Lusitanien portugais ; ils ne possèdent pas cependant de séries calicinales « en cornets » dont les surfaces calicifères se présentent sur des plans horizontaux superposés.

Notons enfin que si *P. choffati* est une espèce lusitanienne, *C. thamnastroides* est callovienne.

GISEMENT : II.

Famille : **Stylophyllidae** VOLZ 1896 *emend.* ALLOITEAU 1952.

Sous-famille : **Epismiliinae** ALLOITEAU 1952.

Genre : *Plesiophyllum* ALLOITEAU 1949.

Plesiophyllum harrensis *nov. gen. nov. sp.*

Texte-pl. I, fig. 17 *a-b*.

L'unique échantillon trouvé dans la faunule présente tous les caractères de la sous-famille des *Epismiliinae* ; nous y avons reconnu en particulier, sur les faces latérales, de larges rides parcourues de files parallèles de fins granules ; la section transversale des septes, par son aspect submoniliforme, traduit l'existence de ces rides septales ; la fig. 17 *a-b* (Texte-pl. I) ne montre pas ce caractère.

DESCRIPTION. — Polypier simple, subturbiné, arqué à la base. Paroi murale creusée de cannelures transversales plus ou moins profondes et plus ou moins rapprochées. Dans le fond de ces cannelures, qui ne sont pas comparables aux plissements muraux des *Montlivaltiidae* (plissement dus au rabattement du bord périphérique des dissépiments sur les côtes), on observe, par

endroits, et à la faveur de l'usure, le bord externe de quelques septes. Calice largement elliptique (grand axe : 22 mm ; petit axe : 17 mm). Ces éléments radiaires sont des septes compacts disposés à la fois en symétrie radiaire et bilatérale par rapport à une fossette excentrique ; ils sont très inégaux en largeur et en épaisseur : sur la section transversale que nous avons obtenue, à une faible distance du bord calicinal, on compte 23 septes plus grands, sub-égaux et 11 petits dont certains rudimentaires ; ils s'épaississent tous à leur bord périphérique pour contribuer à la formation d'une muraille qui est une archéothèque cannelée mais non rugueuse. La fossette calicinale est allongée, relativement large, mais la cavité axiale ne renferme aucune trace de columelle. Endothèque : est constituée de dissépiments épais, peu nombreux ; pas de planchers.

Remarque. Il est intéressant de retrouver, dans des couches qu'il est permis d'attribuer au Jurassique supérieur, une espèce du genre *Plesiophyllum* dont on ne connaissait jusqu'ici que des espèces liasiques. *P. harrensis* se distingue des formes du Lias par un polypier plus gros, comprimé, des septes plus épais et plus inégaux, une fossette axiale allongée.

GISEMENT : II.

V. GASTROPODES DES GRÈS DE TAOUILAH

PAR Jean-Philippe Lefranc.

Pl. XXVIII, fig. 9 et 10.

Dans le calcaire gris, vacuolaire, recueilli par M. Karrenberg (voir p. 661), les Gastropodes, nombreux, sont à la fois à l'état de moulages externes et de moules internes. La situation de ce calcaire, de faciès si spécial, au sommet des Grès de Taouilah (dénomination locale des Grès de Nubie), sous les coulées basaltiques, explique les phénomènes de recristallisation que l'on peut y observer ; recristallisation assez faible sans doute, mais suffisante pour avoir développé un revêtement ténu de très petits cristaux de calcite sur les parois de tous les vides de la roche. Aussi, malgré le grain très fin de ce calcaire rappelant celui de certains travertins, il y a eu disparition de la partie la plus fine et la plus significative de l'ornementation des coquilles, probablement moulée très fidèlement à l'origine. Les dimensions les plus communément observées sur ces individus de tailles diverses sont : longueur, 6 mm ; grand diamètre, 2,5 mm ; hauteur de l'ouverture, 2 mm ; nombre de tours, 5 ; angle spiral, 28°. Ces spécimens semblent appartenir à une seule espèce, inédite, dont voici les caractères :

Coquille turriculée, de petite taille, dont le profil des tours est convexe. L'ornementation se compose : de côtes transverses assez émoussées, légère-

ment flexueuses, au nombre d'une quinzaine sur le dernier tour, produisant un cordon crénelé faisant légèrement saillie au-dessus de la suture, et de filets longitudinaux assez fins, dont les trois plus marqués sont situés sur la région moyenne du tour. Quelques empreintes montrent une ouverture holostome; il ne semble pas y avoir d'ombilic.

La médiocrité des empreintes d'ouverture, et l'effacement des stries d'accroissement par la fossilisation constituent un obstacle sérieux à une détermination plus précise. Mais je crois qu'il était intéressant de signaler ces Gastropodes, provenant d'une région où bien des trouvailles restent à faire.

L'âge de ce calcaire, que je considère comme un dépôt de source, est évidemment antérieur de peu à l'apparition des premières coulées basaltiques dans la région. Ces épanchements volcaniques, dont l'âge local ne semble pas encore parfaitement précisé, sont sans doute contemporains de ceux que l'on connaît plus à l'W (Égypte et Libye), et qui datent du Miocène, ou du Pliocène pour les manifestations les plus tardives. On peut donc assigner au calcaire à Gastropodes de Sana un âge probablement miocène.

CONCLUSION

PAR Éliane Basse.

La succession stratigraphique comparée du Yémen et de l'Abessomalie (Éthiopie, Érythrée méridionale, Somalie française) a été mise en évidence par P. Lamare [1930] qui dénomme *Sabaea* cet ensemble structural, « anastomose du Yémen avec les hauts plateaux éthiopiens » qui correspond sensiblement au sillon trans-érythréen [Lamare, 1936, p. 51].

Au cours du Mésozoïque, le socle granito-gneissique s'est, en ce lieu, enfoncé progressivement, par saccades successives, tandis qu'il demeurerait émergé de part et d'autre, formant à l'W et au NW l'immense massif arabo-nubien (vallée du Nil, Mer Rouge, Hedjaz), région marginale du bouclier saharien, à l'E et au SE le massif arabo-somalien (Hadramaout, Sokotora, Somalie orientale). L'histoire mésozoïque de cette région est celle d'une transgression mésogéenne venue par l'Iran et le Golfe persique.

Le Trias marin, bien connu dans le Proche Orient, vient d'être reconnu par le D^r Bramkamp et ses collaborateurs à l'W du Djebel Tuwaiq (Arabie centrale). Il est possible que cet épisode marin soit synchrone, au Yémen, de la transgression visible à la base de la série de Kohlan qui, au contact du socle, débute par

des Schistes verts feuilletés à galets et conglomérats [Lamare, 1930 et 1936]. P. Lamare place en effet [1936] cette transgression à la base du Trias.

Pendant le Trias et le Lias se déposent, sur le haut-plateau abyssin, les Grès et Schistes d'Adigrat, sans fossiles, non datés.

W. J. Arkell et ses collaborateurs, dont les découvertes récentes au Dj. Tuwaiq [1952] contribuent largement à éclairer l'histoire géologique de l'Arabie, ont pu, grâce au témoignage fourni par les Ammonites, déceler au cours du Jurassique trois phases transgressives majeures d'âges respectifs : Toarcien inférieur-Bajocien, Bathonien, Jurassique supérieur.

La *première transgression* est de beaucoup la plus intéressante. Localisée pour l'Arabie au Dj. Tuwaiq (formation de Marrat), elle correspond à la faune à *Bouleiceras* et à *Spiriferina*, qui s'est étendue au Baloutchistan et, en contournant le massif arabo-somalien, par l'E, jusqu'à Madagascar. Elle se poursuit au Bajocien qui a livré au Dj. Tuwaiq de nombreuses Ammonites (*Ermoceras*, *Teloceras*, *Stephanoceras*, *Dorsetensia*, etc...).

Au Yémen, le Lias correspond à des dépôts non datables, auxquels appartiennent, à la partie supérieure de la série de Kohlan, les marnes gréseuses à Végétaux [Carpentier et Lamare, 1932] d'âge incertain.

La série de Kohlan [Lamare 1936, p. 44] serait l'équivalent partiel de celle d'Adigrat et probablement d'âge liasique aussi en son sommet.

La *deuxième transgression*, plus étendue, est aussi plus banale. Elle correspond à la formation du sillon transérythréen qui a dû s'ouvrir, suivant la direction même de la transgression liasique venue du N, il ne correspondrait donc pas à une transgression venue du SW c'est-à-dire d'Éthiopie. En effet, les faciès bathoniens du Dj. Tuwaiq, riches en Ammonites (*Micromphalites*, *Strungia*, *Tulites*, *Dhrumaites*, *Clydoniceras pseudodiscus*, *Tharabites*, puis *Bramkampia*) n'ont été retrouvés ni au Yémen (base de la série d'Amran), ni en Abessomalie (calcaire gréseux du Harrar à *Terebratulula gregaria*, calcaires et schistes d'Antalo à *Hemicidaris abyssinica*).

Cette vaste transgression, cernant le massif arabo-somalien, déferla sur l'Est africain et s'étendit jusqu'à Madagascar [Barrabé, 1929 ; Basse, 1930].

La *troisième transgression*, plus marquée, plus ample, s'annonce au Callovien moyen et atteint son maximum au Kimméridgien inférieur tout au moins en Arabie centrale et dans le sillon transérythréen. Au Dj. Tuwaiq sont signalés, dans le Callovien moyen,

avec divers *Ermoceras*, *Pachyceras* cf. *schloenbachi* (ROMAN) et dans le Kimméridgien inférieur *Perisphinctes jubailensis* ARKELL. En Abessomalie, les Ammonites ne sont pas très rares à divers niveaux du Jurassique supérieur [Basse, 1930 ; Dreyfuss, 1931 ; Spath, 1935] de même au Yémen [Bullen Newton et Crick, 1908].

Cette période correspond, en Abessomalie, aux Calcaires de Lagagima et aux Calcaires de Harrar, tous deux à *Terebratula subsella*, aux Calcaires de Diré-Daoua à *Aspidoceras* et *Belemnites tanganyensis*. Au Yémen, elle correspond à la série d'Amran et aux « couches intercalaires ». Le gisement exploité par H. Karrenberg (faune I) semble plus élevé dans la série d'Amran que celui découvert par P. Lamare [1930]. Quant aux couches intercalaires, vers la base desquelles semble se situer l'un des gisements où P. Lamare effectua des récoltes en 1930, les prospections de H. Karrenberg nous apportent quelques précisions. Il y a trouvé deux niveaux fossilifères distincts mais de faune analogue (faune II). En réalité, les Invertébrés mésozoïques récoltés à ces trois niveaux par H. Karrenberg (1953) et parmi lesquels ne figure aucune Ammonite, sont essentiellement des fossiles de faciès coralligène, offrant de grandes analogies avec ceux des récifs coralliens des régions avoisinantes ou d'Europe. Leur signification stratigraphique est donc minime et leur intérêt chronologique médiocre. La nature lithologique des couches mésozoïques dans tout le Yémen et les récurrences multiples de faciès indiquent des dépôts côtiers.

Notons que les formes du Kimméridgien inférieur ou Virgulien¹ semblent les plus nombreuses, comme cela semble être aussi le cas en Abessomalie.

En accord avec un renseignement de C. Rathjens communiqué à P. Lamare, les coupes comparées de Karrenberg mettent en évidence l'augmentation d'épaisseur des couches intercalaires au NE de Sana, couches qui contiennent par ailleurs l'albâtre gypseux utilisé comme parements dans les constructions locales [Lamare, 1936, p. 45].

Les schistes bitumineux sombres, en plaquettes, du niveau 4 où H. Karrenberg recueillit un *Pleuropholis* si intéressant, correspondent, dans l'ensemble, au Portlandien-Valanginien. Enfin, la découverte d'un dépôt local de calcaire pseudoolithique curieux à Gastropodes (*Melania* ?) traduit peut-être l'existence de venues hydrothermales en relation avec les épanchements volcaniques

1. L. Cox a depuis longtemps [1930, p. 298] fait remarquer qu'*Exogyra virgula* (DEFRANCE, 1821-31) doit entrer dans la synonymie d'*Ex. striata* W. SMITH 1817 ; un usage centenaire a consacré (?) ce nom de *virgula*.

sus-jacents. Rappelons que les Grès de Taouilah sont l'équivalent des Grès de Nubie *s. str.* de l'Hadramaout et des Grès de Marbat du Dhofar.

Les récoltes de H. Karrenberg dans la région de Sana apportent une contribution intéressante à la connaissance des terrains mésozoïques du Yémen.

BIBLIOGRAPHIE

Seuls sont cités dans cette liste les ouvrages mentionnés dans le texte.

- AGASSIZ L. (1842-45). — Mollusques fossiles. Monographie des Myes.
- ALLOITEAU J. (1947). — Polypiers du Gargasien aragonais. *An. Esc. Peritos agr. y Esp. Serv. tecn. Agr.*, p. 189-243, pl. I-III.
- (1952). — In *Traité de Paléontologie*, publié sous la direction de J. PIVETEAU, t. I, p. 539-684, Paris, Masson.
- ARKELL W. J. (1929-37). — A Monograph of British Corallian Lamellibranchia. Pal. Soc., London.
- (1952). — Jurassic Ammonites from Jebel Tuwaiq, Central Arabia. Stratigraphical Introduction by R. A. BRAMKAMP and M. STEINEKE. *Phil. Trans. roy. Soc. London*, ser. B, biol. Sc., n° 633, vol. 239, p. 241-313, 11 text-fig., pl. 15-30.
- BASSE E. (1930). — Contribution à l'étude du Jurassique supérieur en Éthiopie et en Arabie méridionale. *Mém. Soc. géol. France*, nouv. sér., t. VI, n° 14, p. 105-148, pl. IV-V.
- BIESE W. (1927). — Ueber einige Pholidophoriden aus den lithographischen Schiefer Bayerns. *Neues Jahrb. Min.*, Bd 58 Beil.-Bd. Abt. B.
- CARPENTIER A. et LAMARE P. (1932). — Végétaux fossiles du Yémen. *B. S. G. F.*, (5), II, p. 83-92, 6 tex-fig., pl. VII-VIII.
- CONTEJEAN C. (1859). — Monographie de l'étage kimméridgien du Jura, de la France et de l'Angleterre. Suivi de : De l'espèce en général et de quelques espèces nouvelles ou peu connues de l'étage kimméridgien. Montbéliard.
- (1860). — Étude de l'étage kimméridgien dans les environs de Montbéliard. *Mém. Soc. Emul. Doubs*, sér. 3, t. IV, 352 p., 27 pl.
- COSSMAN M. (1896). — Essais de Paléontologie comparée.
- (1898). — Contributions à la Paléontologie française des terrains jurassiques. *Mém. Soc. géol. France*, Pal., n° 19.
- (1907). — Note sur le Callovien de la Haute-Marne, et spécialement sur un gisement situé dans la commune de Bricon. *Bull. Soc. Agric. Haute-Saône*, t. II, p. 69-147, pl. I-III.
- (1924). — Extension dans les Deux-Sèvres de la faune du Callovien de Montreuil-Bellay. *Mém. Soc. minér. Bretagne*.
- COX L. R. (1935). — The triassic, jurassic and cretaceous Gastropoda and Lamellibranchia of the Attock district. *Pal. Indica*. New ser., vol. XX, n° 5.
- (1935). — Jurassic Gastropoda and Lamellibranchia. The Mesozoic Palaeontology of British Somaliland. In *The Geology*

- and Palaeontology of British Somaliland, part II, London.
(Bibliographie importante concernant notre sujet).
- COX L. R. (1936). — Fossil Mollusca from Southern Persia (Iran) and Bahrein Island. *Pal. Indica*, new ser., vol. XXII, n° 2.
- (1937). — Jurassic Mollusca from Southern Arabia coll. in 1936 by Mr St. J. B. Philby. *An. a. Mag. nat. Hist.*, ser. II, vol. I.
- (1940). — The Jurassic Lamellibranch fauna of Kutch (Cutch). *Pal. Indica*, ser. IX, vol. III, pt 3.
- (1952). — *Id. Ibid.*, ser. IX, vol. III, pt 4.
- (1954). — Notes relating to the taxonomy of the Gastropod superfamily : *Nerineacea*. *Proc. Malacol. Soc. London*, vol. 31, pt 1, p. 12-16..
- DELPEY G. (1940). — Les Gastéropodes mésozoïques de la région libanaise. *Notes et Mémoires Syrie, Liban*, t. III.
- DESOR E. et LORIOU P. DE (1868-72). — Échinologie helvétique. Description des Ourins fossiles de la Suisse. Échinides de la période jurassique.
- DOUVILLÉ H. (1916). — Les terrains secondaires dans le Massif du Moghara à l'E de l'isthme de Suez, d'après les explorations de M. Couyat-Barthoux. *Mém. Ac. Sc.*, t. LIV, 184 p., pl. I-XXI.
- EGERTON P. M. G. (1858). — Figures and Descriptions British organic remains. *Mem. geol. Surv.*, decade 9.
- ÉTALLON A. (1859). — Étude paléontologique sur les terrains jurassiques du Haut-Jura. Paris.
- ÉTALLON A. et THURMANN J. (1862). — *Lethea Bruntrutana*. Jura bernois.
- FÉLIX J. (1904). — Die fossile Fauna des libanischen Jurakalke. *Beitr. Geol. Pal.*, Teil I, Bd. 15, H. 4.
- GEMMELLARO G. G. (1865). — *Nerinee della Ciaca dei dintorni di Palermo*. Palermo.
- GOLDFUSS (1833-40). — *Petrefacta Germaniae*. Vol. II. Dusseldorf.
- GREGORY S. W. (1902). — The Corals. Jurassic Fauna of Cutch. *Pal. Indica*, ser. IX, vol. II, pt 2.
- JANENSCH W. (1924). — Fische aus dem Dysodil des Wealden vom Libanon. *Zeitschr. deutsch. geol. Ges.*, vol. 76.
- KOBY F. (1881-87). — Monographie des Polypiers jurassiques de la Suisse. *Mém. Soc. pal. suisse*.
- (1904-5). — Description de la faune jurassique du Portugal. Polypiers du Jurassique supérieur.
- KRUMBECK L. (1905). — The Brachiopoden and Molluskenfauna des Glandarientkalkes. *Beitr. Geol. Pal. Oester-Ungarns*, Bd. XVIII, p. 65-162, pl. VIII-XIV.
- LAMARE P. (1923). — Observations géologiques sur l'Yémen. *C. R. Ac. Sc.*, t. 176, p. 956.
- (1924). — L'Arabie heureuse : le Yémen. *Géographie*, t. XLII, n° 1, p. 1-23, 1 carte, 2 coupes, 8 photos.
- (1930). — Nature et extension des dépôts secondaires dans l'Arabie, l'Éthiopie et les pays Somalis. *Mém. Soc. géol. France*, nouv. sér., t. VI, n° 14, p. 49-65, 2 cartes, 1 tableau.
- (1930). — Sur la structure des montagnes environnant Sanaa, *Ibid.*, p. 69-83, 1 carte géol. en couleurs.
- (1933). — Travaux géographiques et géologiques récents sur l'Arabie méridionale. *Ann. Géogr.*, XLII^e ann., n° 240, p. 623-630 (excellente mise au point bibliographique jusqu'en 1933).

- LAMARE P. (1936). — Structure géologique de l'Arabie, 64 p., 16 text-fig., 1 pl. hors texte. Paris, Béranger (bibliographie).
- LEES G. M. (1928). — The Geology and Tectonics of Oman and of parts of South-Eastern Arabia. *Quart. Journ. geol. Soc. London*, vol. LXXXIV, pt 4, p. 585-670, pl. XLI-LI, 1 carte géol. couleurs.
- (1928). — The Physical Geography of South-Eastern Arabia. *Geogr. Journ.*, vol. LXXI, p. 441-466.
- (1929). — Oman (in H. de BOCKH, G. M. LEES et F. D. S. RICHARDSON : Contribution to the Stratigraphy and Tectonics of the Iranian Ranges, partie de l'ouvrage : The structure of Asia, par J. W. GREGORY). Londres, Methuen, 227 p. (p. 148-153).
- LORIOU P. DE (1872). — Monographie paléontologique et géologique des étages supérieurs de la formation jurassique du département de la Haute-Marne. *Mém. Soc. linn. Normandie*, t. XVI, p. 1-184, pl. I-XXVI.
- (1881). — Monographie paléontologique des couches de la zone à *Ammonites tenuilobatus* (Badener Schichten) d'Oberbuchsitten et de Wangen (Soleure). *Mém. Soc. pal. suisse*, vol. VII-VIII.
- (1902-1904). — Étude sur les Mollusques et Brachiopodes de l'Oxfordien supérieur et moyen du Jura lédonien. *Ibid.*, vol. XXIX-XXXI.
- LORIOU P. DE et BOURGEAT (1886-88). — Mollusques des couches coralligènes de Valfin (Jura). *Ibid.*, t. XIII, XIV, XV.
- MICHELIN H. (1840-47). — Iconographie zoophytologique.
- MILNE EDWARDS (1857-60). — Histoire naturelle des Coralliaires. 3 vol., 1 atlas.
- MOESCH C. (1874-75). — Monographie der Pholadomyen. *Mém. Soc. pal. suisse*, vol. I, II.
- ORBIGNY A. D' (1849). — Note sur des Polypiers fossiles.
- (1849-50). — Prodrome de Paléontologie stratigraphique universelle des animaux mollusques et rayonnés. 3 tomes. Paris.
- (1851-60). — Paléontologie française. Terrains jurassiques. II, Gastéropodes, Paris.
- PILGRIM G. E. (1908). — The Geology of the Persian Gulf and the adjoining portions of Persia and Arabia. *Mem. geol. Surv. India*, vol. XXXIV, pt 4, 177 p., 7 text-fig., 17 pl. (coupes et cartes géol. dont 1 en couleurs au 2 000 000^e).
- (1924). — The Geology of parts of the Persian Provinces of Fars, Kirman and Laristan. *Ibid.*, vol. XLVIII, pt 2, 116 p., pl. XI-XVI, 3 cartes géol. en couleurs.
- RATHJENS C. et WISSMANN H. VON (1934). — Sanaa-Rathjens-v. Wissmannsche Südarabien-Reise 3 : Landeskundliche Ergebnisse. *Hamburg. Univ. Abh. a. d. Gebiet Auslandskunde*, Bd. 40 mit Karten. Darin auch : H. SENG (1934). Liste des gesammelten Gesteinsproblem, p. 171-176, Hamburg, Friederichsen et de Gruyter.
- REUSS A. (1869). — Paläontolog. Studien über die älteren tertiärsch. der Alpen. *Denkschr. Ak. Wissensch.*, Wien, Bd. XXIX, p. 215-298.
- ROEMER F. A. (1835-39). — Die Versteinerungen der norddeutschen Oolithen-Gebirges. Hanover.
- SAINT-SEINE P. DE (1949). — Les Poissons des calcaires lithographiques de Céris. *Nouv. Arch. Mus. Hist. nat. Lyon*, vol. 2.

- SAINT-SEINE P. DE (1954). — Les Poissons des schistes bitumineux de l'étage de Stanleyville (Congo belge). *C. R. somm. S. G. F.*, p. 331.
- TOMES R. F. (1882). — On the Madreporaria of the inferior Oolite of the Neighbourhood of Chaltenham and Gloucester. *Quart. Journ. geol. Soc. London*, vol. XXXVIII, p. 409-449.
- TRAQUAIR R. H. (1910). — Les Poissons wealdiens de Bernissart. *Mém. Mus. Hist. nat. Belgique*, t. 6.
- WEIR J. (1925). — Brachiopoda, Lamellibranchia, Gastropoda and Belemnites. *Monogr. geol. Dept. Hunterian Mus.*, Glasgow Univ., vol. 1, p. 79-110, pl. XI-XIV.
- (1930). — Mesozoic Brachiopoda and Mollusca from Mombasa. *Ibid.*, vol. IV, p. 77-101, pl. IX-XI (bibliographie importante, p. 99).
- (1935). — Jurassic Fossils from Jubaland, East Africa, collected by V. G. Glenday and the Jurassic Geology of Somaliland. *Ibid.*, vol. III.
- (1938). — The Jurassic Faunas of Kenya, with Descriptions of some Brachiopoda and Mollusca. *Ibid.*, vol. V.
- WISSMANN H. VON, RATHJENS C. et KOSSMAT F. (1942). — Beiträge zur Tektonik Arabiens. IV. Beobachtungen in Yemen von Rathjens mit Wissmann. *Geol. Rundschau*, p. 248.
- WOODWARD A. S. (1919). — The fossil Fishes of the English wealden and Purbeck formations, pt 3. *Palaeontogr. Soc.* (vol. de 1917).

LÉGENDE DES PLANCHES XXVI, XXVII ET XXVIII

PLANCHE XXVI.

Pleuropholis bassei n. sp. $\times 2$. Photographie retouchée, prise avec filtre vert et long temps de pose.

PLANCHE XXVII.

FIG. 1 a-d. — *Lopha karrenbergi* n. sp. Valve gauche, avec sa surface de fixation. G. N. $\times 3/2$. Gisement II.

FIG. 2 a-c. — *Gryphaea balli* STEFANINI. Valve gauche. G. N. Gisement II.

FIG. 3 a-c. — *Exogyra nana* J. Sow. G. N. $\times 3/2$. Gisement II.

FIG. 4. — *Cryptoplocus subpyramidalis* MÜNSTER. Moule interne avec restes du test dans la région des sutures. G. N. $\times 4/5$ (voir aussi Pl.-texte I, fig. 13). Gisement II.

FIG. 5 et 6. — *Cryptoplocus* n. sp. G. N. Gisement II.

5 : moule interne de la coquille avec moulage ombilical, photo oblique ;
6 : moulage ombilical isolé.

FIG. 7. — *Cryptoplocus yemenensis* n. sp. Exemplaire pourvu du test épigénisé (voir plis internes, Pl.-texte I, fig. 15). G. N. $\times 7/11$. Gisement I.

FIG. 8. — *Nerinea binodosa* ETALLON. Moule interne en partie recouvert par le test (voir section du tour, Pl.-texte I, fig. 9). G. N. Gisement II.

FIG. 9. — *Nerinea retrogressa* ETALLON. Jeune individu. G. N. Gisement II.

FIG. 10. — *Nerinea acreon* D'ORBIGNY. Moule interne portant des lambeaux de la couche interne du test, striée obliquement (voir aussi la section du tour. Pl.-texte. I, fig. 12). G. N. Gisement II.

FIG. 11. — *Nerinea salinensis* D'ORB. Moulage externe en plastiline, montrant l'ornementation ; la section du tour, avec ses plis, apparaît nettement. G. N. Gisement II.

FIG. 12. — *Pseudocidaris thurmanni* ETALLON. Radioles dont certains (à droite) sont très renflés et les autres (à gauche) plus ou moins étranglés. G. N. Gisement II.

PLANCHE XXVIII.

FIG. 1 et 4. — *Comophyllia corrugata* M. EDW. et H. sp.

1 : surface calcifère. G. N. ; 4 : partie de la surface calcifère. $\times 3$.

FIG. 2 et 5. — *Microphyllastraea karrenbergi* nov. gen., nov. sp.

2 : surface calcifère. G. N. ; 5 : partie de la surface calcifère. $\times 3$.

FIG. 3 et 8. — *Favitopsis harrensis* nov. gen., nov. sp.

3 : partie de la surface calcifère. $\times 3$; 8 : surface calcifère. G. N.

FIG. 6 et 7. — *Isastrocaenia* sp.

6 : partie de la surface calcifère. $\times 3$; 7 : surface calcifère. G. N.

FIG. 9 et 10. — Calcaire (« oolithique » ?) silicifié, à Gastropodes, prélevé par H. Karrenberg à la partie supérieure des Grès de Taouilah, sur la rive sud du Wadi Ridjam, à environ 30 km au NE de Sana. Il est complètement décalcifié et imparfaitement silicifié. Seul un revêtement de calcite subsiste à la face interne des coquilles et des « oolithes », le remplissage originel des coquilles et la masse des oolithes ayant disparu par dissolution ; un ciment siliceux compact formé de quartz enchevêtrés et coalescents enrobe les linéaments de ce qui a pu être des oolithes et remplit les coquilles de Gastropodes (examen du professeur Jung, Sorbonne).

9 : lame mince, $\times 20$, montrant la section d'un Gastropode ; à l'intérieur de la coquille et à l'entour, de nombreuses « oolithes » creuses, de tailles diverses, sont enrobées dans le ciment quartzueux (cliché Karrenberg).

10 : photographie de la roche. $\times 3$; parmi les cavités des « oolithes », un moulage interne de Gastropode (cliché Leriche).

Tous les spécimens figurés appartiennent à la collection H. KARRENBURG, Krefeld (Allemagne).

SUR LE GENRE *ECHINOLAMPAS*

PAR Jean Roman ¹.

Sommaire. — Après avoir montré l'incertitude de la subdivision actuellement admise dans le grand genre *Echinolampas* et exposé la méthode pour une révision des espèces de ce genre, on donne en exemple un groupe d'espèces éocènes ayant pour type *E. ellipsoidalis* D'ARCHIAC, en examinant sa répartition géographique mondiale.

Depuis longtemps, il s'est trouvé des paléontologistes et notamment des échinologistes pour s'émouvoir de la multiplication des espèces, consécutive au progrès de la science. Qu'il suffise de citer ici le nom de J. Cottreau. Plus récemment, une certaine tendance à la simplification, au moins dans certains groupes, semble se faire jour.

Il en est ainsi pour le genre *Clypeaster*, remarquable par le nombre et le polymorphisme des espèces qui le représentent. Au début du siècle, Cottreau [1913] a proposé de réunir diverses espèces de *Clypeaster* comme des variétés les unes des autres.

Bien plus tard Margara [1946], à la suite d'études biométriques portant sur 900 *Clypeaster* de la région d'Antioche recueillis par L. Dubertret, conclut à l'existence de 3 grandes espèces seulement, chacune d'entre elles comprenant une série de variétés autrefois espèces indépendantes [Pinar, 1952]. Entre temps, Kalabis [1949], étudiant les Clypéastres de la Tchécoslovaquie dans le même esprit, adopte la nomenclature trinomiale, permettant de souligner les rapports mutuels des espèces par rapport à l'une d'entre elles choisie comme grande espèce.

Le genre *Echinolampas*, aussi nombreux que *Clypeaster*, compte environ 285 espèces. Moins polymorphe que lui, il n'a pas fait l'objet au même degré de recherches de cet ordre. Pourtant, en 1939, A. Fabre revoyant après Cottreau [1889-1890], puis Lambert [1912-1915], les *Echinolampas* nummulitiques du Bordelais, étudie la filiation et les rapports mutuels des espèces. L'une d'elles, *E. archiaci*, joue le rôle d'une grande espèce dont sont dérivées beaucoup d'autres, tant dans le Bordelais que dans la région de Biarritz, dans la Basse-Loire et dans le bassin de Paris. Pour souligner les rapports des espèces dérivées, dites espèces représentatives, avec *E. archiaci*, Fabre aurait pu employer la nomenclature trinomiale. Avant lui, Abrard [1925] considérait *E. calvimontanus*, abondant dans le Lutétien du bassin de Paris, comme une race spéciale à ce bassin, à cause de ses rapports avec les espèces méridionales.

Abordant l'étude du genre *Echinolampas* et cherchant un fil directeur au milieu d'un si grand nombre d'espèces, j'ai d'abord

1. Note présentée à la séance du 8 novembre 1954.

examiné s'il était possible de subdiviser ce genre en un petit nombre de sous-genres ou en groupes naturels comme je l'avais fait pour *Clypeaster* [Roman, 1952], c'est-à-dire, plus précisément, si les sections et sous-genres admis par Lambert dans sa dernière manière [Lambert et Thiéry, 1921-1924], après Pomel [1883] et Cotteau [1890], étaient bien fondés. Mortensen [1948] les discute et ramène le nombre de sections de 8 à 5, tandis qu'il admet 2 sous-genres au lieu d'un. Il réunit à la section *Echinolampas* la section *Miolampas* et le sous-genre *Progonolampas* de Lambert, et élève au rang de sous-genre les sections *Paleolampas* et *Macrolampas*¹ de Lambert.

J'ai résumé, d'après Lambert [1912-1915], les caractères opposables des différentes sections et sous-genres retenus par Mortensen, dans la clef dichotomique suivante :

1. Tubercules espacés dans une fine granulation..... *Psammolampas*
Tubercules non espacés dans une fine granulation..... 2
2. Pétales très longs descendant jusque vers l'ambitus.. *Paleolampas*
Pétales ne descendant pas jusqu'à l'ambitus..... 3
3. Pétales saillants..... *Cypholampas*
Pétales non saillants..... 4
4. Branches des pétales subégales..... *Isolampas*
Branches des pétales inégales..... 5
5. Forme du test subcylindrique..... *Cylindrolampas*
Forme du test non subcylindrique..... 6
6. Pétales ouverts, floscelle peu développé..... *Macrolampas*
Pétales tendant un peu à se fermer, floscelle relativement assez
développé..... *Echinolampas* s. str.
(*Miolampas* et *Progonolampas* synonymes).

Remarques : les caractères opposables 6 sont moins bien définis que les autres.

Par l'examen de cette clef dichotomique, on peut avoir une idée de la difficulté qu'on trouve à classer un échantillon, voire même une espèce, dans une section ou un sous-genre déterminés, à cause de la variabilité ou de l'insuffisance des caractères qui les définissent. Il est naturellement nécessaire de se reporter à la description de tous les caractères de la subdivision indiquée par la clef, mais il reste quand même des incertitudes. De plus, certaines espèces d'une section présentent plus de rapports avec des espèces d'une autre section qu'avec celles de la section à laquelle elles appartiennent.

Ne trouvant pas dans la classification de Lambert une base suffi-

1. Mortensen considère implicitement [1948, p. 275 et 289] cette section de Lambert comme un sous-genre, alors qu'un peu avant [1948, p. 274] il l'énumère avec les 5 « subgenera or sections » qu'il admet et sur le même plan.

sante pour une révision du genre *Echinolampas*, il m'est apparu qu'il valait mieux partir des espèces, sans se préoccuper de leur appartenance à tel ou tel sous-genre ou section, pour remonter par la suite s'il y a lieu au groupe naturel. J'ai donc été amené à grouper les espèces présentant des affinités ou des rapports de filiation entre elles, un peu à la façon de A. Fabre pour les *Echinolampas* du Bordelais. J'expose ici les premiers résultats que j'ai obtenus par l'application de cette méthode.

Sans énumérer tous les groupes d'espèces que j'ai mis en évidence, je me bornerai à en étudier un seul, le mieux défini et le plus démonstratif.

Il comprend — au stade où en sont mes recherches et sans en avoir fait une étude exhaustive — une quinzaine d'espèces, dont un peu plus de la moitié sont des *Cylindrolampas* de Lambert, les autres appartenant à *Cypholampas*, *Miolampas* et *Echinolampas* s. str., ces deux termes étant pour Mortensen synonymes. Toutes sont de l'Éocène moyen (Lutétien) ou d'un niveau stratigraphique voisin. Leur répartition géographique est des plus vaste, puisqu'elle va de la Basse-Loire à l'Égypte, à Madagascar et à l'Inde, en passant par le Cotentin, le Bordelais, les Landes, les Pyrénées, la province d'Alicante, la Catalogne, la Provence, la Suisse, la Bavière, le Vicentin et l'Istrie.

Comme type de ce groupe d'espèces on doit choisir *E. ellipsoïdalis* d'ARCHIAC (1846), qui est la première espèce de ce groupe à avoir été décrite et figurée et qui en est bien représentative, de préférence à *E. subcylindricus* DESOR (1853), que Lambert a pris pour type de la section *Cylindrolampas*, et qui n'a été figuré qu'en 1875 par de LORIOL. Ceci permet aussi d'éviter que, au cas où on voudrait adopter la nomenclature trinominale pour exprimer les rapports des espèces entre elles, *E. ellipsoïdalis* qui a l'antériorité par rapport à *E. subcylindricus* en devienne une variété.

Ce groupe d'espèces se caractérise par sa forme allongée, généralement rétrécie en arrière, haute, subcylindrique, par sa face supérieure relativement plane et par ses pétales étroits, aux zones porifères assez inégales (surtout dans les pétales antérieurs comme c'est à peu près la règle chez les *Echinolampas*) (Texte-pl. I).

Examinons la répartition géographique du groupe d'*E. ellipsoïdalis* à l'Éocène (fig. 1) et les rapports entre elles des différentes espèces dont il se compose. Ne pouvant pas donner ici le détail des mesures effectuées par les auteurs ainsi que par moi sur les échantillons dont je disposais, je me contente d'indiquer sommairement les différences, sans les faire ressortir par des chiffres.

On doit remarquer que les dépôts éocènes se présentent comme de petits bassins ayant peu d'espèces d'Échinides, particulièrement d'*Echinolampas*, communes entre eux. En France on distingue le Nord, le bassin de Paris, le Cotentin, la Basse-Loire, le Bordelais, la région de Biarritz, l'Aude et l'Hérault, la Provence.

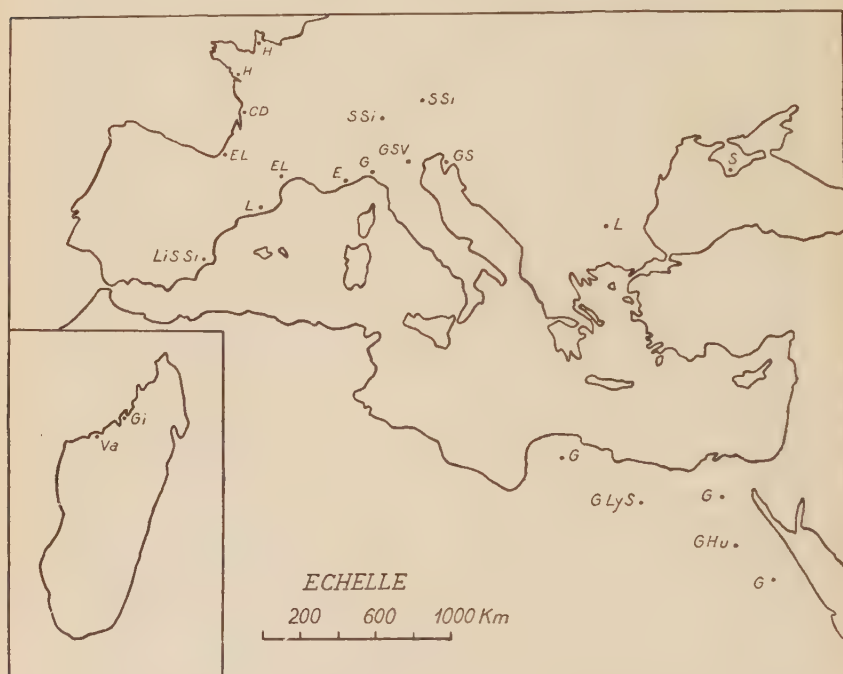


FIG. 1. — Répartition géographique des principales espèces du groupe d'*E. ellipsoidalis* d'ARCHIAC à l'Éocène.

C. : *E. cotteui* ; D. : *E. dorsalis* ; E. : *E. ellipsoidalis* ; G. : *E. globulus* ; Gi. : *E. gignouxi* ; H. : *E. heberti* ; Hu. : *E. humei* ; L. : *E. leymeriei* ; Li. : *E. linaresi* ; Ly. : *E. libycus* ; S. : *E. subcylindricus* ; Si. : *E. silensis* ; V. : *E. veronensis* ; Va. : *E. valettei*.

RÉGION DE BIARRITZ ET LANDES. — C'est à Biarritz qu'*E. ellipsoidalis* d'ARCHIAC (1846) a été trouvé et décrit pour la première fois dans le Lutétien (Texte-pl. I, fig. 2). Il se caractérise par sa forme très allongée, rétrécie en arrière, son profil haut, subcylindrique, son apex très excentrique, ses ambulacres étroits, assez longs, aux zones porifères inégales. Il existe aussi dans les Landes à Cagnotte, Rivière Saas, Saint-Martin-de-Seignaux, Caupenne [Cottreau, 1911], Bastennes [Castex, 1930]. Une petite espèce très voisine, du Ludien de Biarritz (Lou Cachaou) a été désignée sous le nom d'*E. cachaouensis* par Boussac [1911]. Lambert a voulu y voir un simple synonyme d'*E. ellipsoidalis* [Castex et Lambert, 1920], mais la différence de niveau stratigraphique le permet difficilement. Dans les Landes (Bastennes, Caupenne,

Cagnotte ?) Castex [1930] a créé une variété *chalossensis* d'*E. ellipsoidalis*, qui ne me semble différer sérieusement de la forme type que par les caractères de ses pétales, subflexueux, plus costulés.

Une autre espèce du groupe a été citée dans les Landes à Coudures et Caupenne [Castex, 1930] : il s'agit d'*E. leymeriei* COTTEAU 1863, de plus petite taille, de forme plus dilatée et moins renflée qu'*E. ellipsoidalis* (Texte-pl. I, fig. 6).

BORDELAIS. — Le groupe est ici représenté par *E. cotteau* LAMBERT 1906 et *E. dorsalis* AGASSIZ 1847. Le premier (Texte-pl. I, fig. 3), décrit par Cotteau sous le nom d'*E. heberti* 1883 non 1862 et auquel Lambert [1912] a réuni *E. politus* COTTEAU (non LAMARCK) de la même provenance (Lutétien de Saint-Palais, Charente-Inférieure), diffère essentiellement d'*E. ellipsoidalis* par son apex moins excentrique. Castex [1930, p. 34, pl. 2, fig. 5-7] a distingué comme espèce indépendante *peyroti* une forme plus rétrécie avec des pétales saillants. Fabre [1939] y voit une espèce représentative d'*E. ellipsoidalis* et en fait une variété d'*E. cotteau*.

E. dorsalis, du Lutétien de Blaye (Texte-pl. I, fig. 5), est remarquable par sa face supérieure presque plane et par son profil subrectangulaire. Lambert [1912] croyait à son étroite parenté avec *E. cotteau*, qui d'après lui pourrait en être un simple dérivé. Une variété surélevée (*var. brionensis* FABRE 1939) existe dans l'Éocène supérieur.

MANCHE ET BASSE-LOIRE. — Une seule espèce, *E. heberti* COTTEAU 1862 non 1883 (Texte-pl. I, fig. 4), décrite par cet auteur sous le nom erroné d'*E. francei* DESMOULINS, qui est miocène, et à laquelle il faut rattacher *E. lamberti* COTTEAU [1894, p. 763], non figuré, qui en est le jeune, diffère d'*E. ellipsoidalis* par sa forme moins allongée, moins haute, moins cylindrique et ses ambulacres plus larges. Fabre [1939] la rapproche d'*E. dorsalis* dont il serait une race représentative.

AUDE. — Ici se retrouvent les deux espèces de Biarritz et des Landes : *E. ellipsoidalis* et *E. leymeriei*. Ce dernier, qui a été décrit pour la première fois d'Alaric, a été signalé dans le Lutétien de très nombreuses localités [Doncieux, 1911]. Le premier, moins fréquent, l'a été en plusieurs de ces mêmes localités, notamment à Alaric où il est représenté seulement par de petits individus, considérés comme des jeunes, qui ne doivent pas beaucoup différer d'*E. leymeriei*.

CATALOGNE ET PROVINCE D'ALICANTE. — En Catalogne, Lambert a signalé *E. leymeriei* [1927].

Dans la province d'Alicante, Cotteau, puis récemment Darder Pericas [1945] ont cité *E. linaresi* COTTEAU, *E. subcylindricus* DESOR et *E. silensis* DESOR. Celui-ci, très voisin d'*E. leymeriei*, ne s'en distinguerait que par son péristome plus transverse, moins pentagonal, de sorte que Lambert [1927] a proposé de le réunir à l'espèce de l'Aude.

E. linaresi est assez proche d'*E. cotteau*, mais sa forme est plus ramassée, sa face inférieure beaucoup plus plane, et ses ambulacres ont leurs zones porifères plus inégales. Un des échantillons, autrefois décrits par Cotteau [1890] comme *E. politus*, doit lui être rapporté.

E. subcylindricus DESOR (Texte-pl. I, fig. 1) est moins renflé et plus rétréci en arrière qu'*E. ellipsoidalis*.

Tous ces *Echinolampas* sont lutétiens.

PROVENCE. — La seule espèce du groupe est *E. ellipsoidalis*, trouvé à la

Palaréa (Alpes-Maritimes), ce gisement étant lutétien et non auversien comme le croyait Lambert [1918].

SUISSE ET BAVIÈRE. — Les deux mêmes espèces ont été signalées dans les Alpes de Schwytz et au Kressenberg, dans le Lutétien : *E. silensis* et *E. subcylindricus*. Contrairement à Lambert [1906], je pense que l'Échinide du Kressenberg figuré par Schafhäutl [1863, p. 121, pl. 18, fig. 3 a-d] sous le nom d'*E. francei* est bien un *Echinolampas* et même qu'il s'agit vraisemblablement d'*E. subcylindricus* comme c'est aussi l'avis de de Loriol [1875].

ITALIE DU NORD. — Parmi les nombreuses espèces de cette région, notamment de San Giovanni Ilarione près de Vérone, trois appartiennent au groupe d'*E. ellipsoidalis* : d'abord *E. subcylindricus*, décrit par Laube [1868] sous le nom d'*E. elongatus* ; d'après Oppenheim [1902], en plus du Lutétien, il monterait dans l'Éocène supérieur.

E. veronensis BITTNER qui paraît très proche d'*E. dorsalis*, dont il a la face supérieure presque plane et le profil subrectangulaire.

E. globulus LAUBE (Texte-pl. I, fig. 7)¹, auquel je crois qu'il convient de réunir *E. inflatus* du même auteur. Comme son nom l'indique, il a une forme très globuleuse qui le distingue facilement des espèces précédentes. Pourtant certains échantillons ayant leur face supérieure plate, correspondant plutôt à *E. inflatus*, ont quelque rapport avec *E. dorsalis*, dont les sépare leur forme haute. *E. globulus* est en principe éocène moyen, mais d'après Oppenheim [1902], il existerait aussi dans le Priabonien. Suivant ce même auteur, la variété *minor* de cette espèce, créée pour des exemplaires égyptiens, se rencontre dans l'Éocène moyen en Vénétie. Airaghi [1899] a signalé l'espèce en Ligurie dans le Tongrien.

ISTRIE. — On retrouve les mêmes espèces que dans le Vicentin : *E. subcylindricus*, décrit ici par Taramelli [1874, p. 18, pl. I, fig. 5-7] sous le nom d'*E. stoppanianus*, qui représente une forme de cette espèce également arrondie en avant et en arrière ; et *E. globulus*.

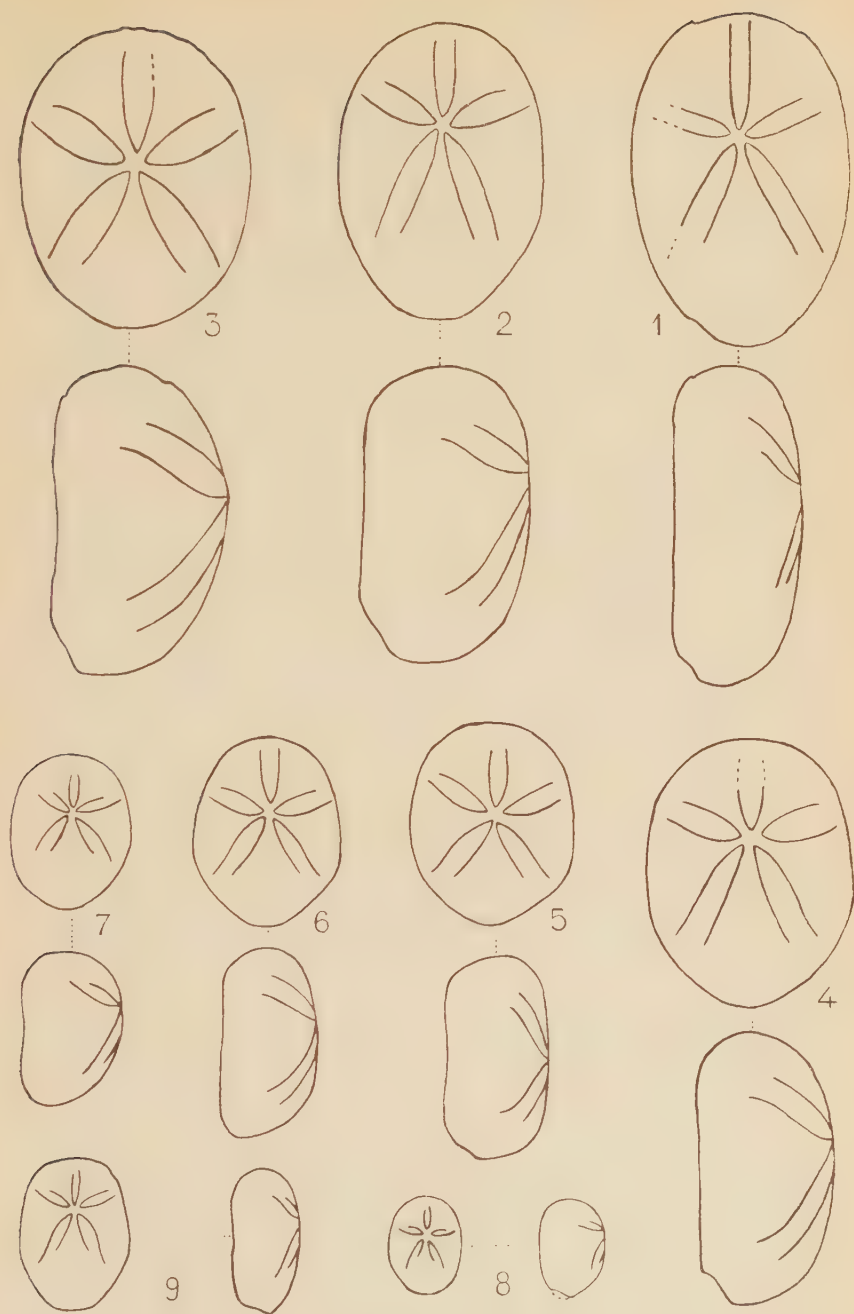
AUTRES RÉGIONS D'EUROPE. — De Loriol [1877, p. 69, pl. 4, fig. 9] a décrit et figuré *E. subcylindricus* d'après un individu de Crimée. Récemment, Bonev [1947] a signalé *E. leymeriei* en Bulgarie.

1. J'ai modifié la figure donnée par Laube, inexacte en ce qui concerne les zones porifères des pétales, qui sont très inégales.

Légende de la planche ci-contre.

Principales espèces du groupe d'*Echinolampas ellipsoidalis* D'ARCHIAC (Toutes sont représentées en demi grandeur naturelle, vues par la face supérieure et de profil).

- 1 : *E. subcylindricus* DESOR, d'après DE LORIOI [1875, pl. 9, fig. 3-3 b] (la fig. 3 b a été retournée) ; 2 : *E. ellipsoidalis* D'ARCHIAC, d'après COTTEAU [1889-90, pl. 232, fig. 1-2] ; 3 : *E. cotteai* LAMBERT, d'après COTTEAU [1889-90, pl. 214, fig. 2-3] (sous le nom d'*E. heberti*) ; 4 : *E. heberti* COTTEAU, d'après COTTEAU [1889-90, pl. 206, fig. 1-2] (sous le nom d'*E. francei*) ; 5 : *E. dorsalis* AGASSIZ, d'après COTTEAU [1889-90, pl. 210, fig. 1-2] ; 6 : *E. leymeriei* COTTEAU, d'après COTTEAU [1889-90, pl. 227, fig. 4-5] ; 7 : *E. globulus* LAUBE, d'après LAUBE [1868, pl. 4, fig. 5 a-5 b] (modifiées) ; 8 : *E. valettei* LAMBERT, d'après LAMBERT [1933, pl. 2, fig. 23-24] (complétées pour la face supérieure, d'après un exemplaire conservé au Lab. de Pal. du Muséum ; la fig. 24 a été retournée) ; 9 : *E. humei* FOURTAU, d'après FOURTAU [1909, pl. 7, fig. 35-36].



TEXTE-PLANCHE I.

ÉGYPTE. — Sur les quatre espèces du groupe qui existent dans ce pays, deux sont communes à l'Europe : *E. subcylindricus* et *E. globulus*, mais en plus des formes-types, comprennent des variétés particulières. Le premier est représenté dans l'Éocène moyen du désert libyque (Siouah-Aradj) par des échantillons plus élargis et plus brusquement rétrécis en arrière que ceux de Suisse ou du Vicentin ; une forme de l'Éocène supérieur, moins différente des spécimens égyptiens que des européens, a reçu le nom de variété *rojanensis* [Fourtau, 1907, p. 209, pl. I, fig. 9].

Contrairement à ce qui se passe dans le Vicentin et en Istrie, *E. globulus* est ici éocène supérieur (Siouah-Aradj, W du Fayoum), tandis que sa variété *minor* est éocène inférieur (Assiout, Thèbes). Les exemplaires les plus élevés stratigraphiquement correspondent plutôt à *E. inflatus* ; ceux de la variété *minor* diffèrent peu de ces derniers en dehors de leur taille. On doit réunir à cette variété définie par de Lorient [1883, p. 26, pl. 3, fig. 4-7] le *Caratomus londinianus* MAYER-EYMAR [1898], *E. amygdalina* MAYER-EYMAR [1898] ainsi que peut-être *E. lycopolitanus* FOURTAU [1913, p. 37, pl. I, fig. 8]. Cette dernière espèce, trouvée dans la même localité (Gebel Drounka) à un niveau un peu supérieur à celui d'*E. globulus* var. *minor* (Lutétien inférieur)¹, n'en diffère pas sensiblement.

Deux espèces du groupe d'*E. ellipsoidalis* sont particulières à l'Égypte : *E. humei* et *E. libycus*. Le premier (Texte-pl. I, fig. 9), de l'Éocène inférieur d'Assiout, est assez voisin de cette variété ; Fourtau voulait même lui rapporter certains exemplaires de la variété *minor*, mais il est plus grand, plus allongé et moins renflé. *E. praecedens* MAYER-EYMAR [1898], mal connu, paraît devoir lui être rapporté.

E. libycus, de l'Éocène moyen du désert libyque (Siouah-Aradj) est proche d'*E. subcylindricus*, mais plus dilaté. On l'a rapproché aussi d'*E. globulus*, mais il est beaucoup plus grand, plus allongé et plus déprimé.

CYRÉNAÏQUE. — *E. globulus* a été signalé récemment en Cyrénaïque par Tavani [1946].

MADAGASCAR. — Pour l'hémisphère austral les deux seuls représentants du groupe sont *E. gignouxii* LAMBERT [1933] et *E. valettei* LAMBERT [1933], respectivement du Lutétien et de l'Éocène inférieur. Le premier, du NE de la presqu'île de Narinda, paraît très proche d'*E. ellipsoidalis*, dont il constitue peut-être une espèce représentative. *E. valettei* (Texte-pl. I, fig. 8), de Katsepe dans la baie de Majunga, a été comparé à *E. globulus*, dont il a la forme globuleuse.

INDE. — La présence du groupe d'*E. ellipsoidalis* dans le NW de l'Inde est prouvée grâce à Duncan et Sladen. Ces auteurs [1884, p. 174] ont décrit sous le nom d'*Echinolampas* sp. *junior* un petit individu de l'Éocène moyen (série de Khirtar), qui s'apparente quelque peu à *E. valettei* par sa forme générale.

CONCLUSIONS. — A. Fabre a écrit [1939, p. 279] : « la constitution de faunes locales indépendantes est un des caractères les plus marquants de la faune d'Échinides de l'Éocène moyen ». Or si on considère la répartition des espèces du groupe d'*E. ellip-*

1. CUVILLIER J. (1930) : Révision du Nummulitique égyptien. *Mém. Inst. Égypte*, t. 16.

soidalis, on ne peut pas manquer d'être frappé par l'existence de formes voisines dans des régions différentes. Tout se passe comme si une même espèce s'était répandue en différents points et en chacun d'eux avait dès lors évolué d'une manière indépendante sous la forme d'espèce représentative. C'est le cas pour *E. ellipsoidalis*, de Biarritz, *E. ellipsoidalis* var. *chalossensis* des Landes, *E. peyroti* du Bordelais, *E. heberti* de la Manche et de la Basse-Loire. Cette différenciation tient évidemment aux conditions de milieu particulières qui régnaient dans chaque bassin sédimentaire, au faciès. Cet aspect de la question a été rarement étudié par les paléontologistes, qui travaillent souvent sur des échantillons de collection, qu'ils n'ont pas recueillis eux-mêmes, et que leur spécialisation empêche d'envisager l'ensemble d'une faune. Pourtant Fabre [1939] s'en est préoccupé.

D'après lui, il existait une faune de mer profonde à Biarritz (avec *E. ellipsoidalis*), constituant un foyer de dispersion pour les zones néritiques, tandis qu'à Blaye une faune de faciès littoraux (*E. peyroti*) était un foyer de dispersion pour les régions littorales, les échanges d'espèces s'effectuant dans les Landes (*E. ellipsoidalis* var. *chalossensis*). Dans le bassin de la Basse-Loire se faisait la rencontre des faunes du N et du S, du bassin de Paris et de Blaye. Une seule espèce du groupe d'*E. ellipsoidalis*, *E. heberti*, s'y rencontre, de même que dans le Cotentin, alors que ce groupe n'est pas représenté dans le bassin de Paris, non plus que dans le N de la France et la Belgique.

A une échelle plus grande, *E. subcylindricus* représente peut-être *E. ellipsoidalis* en Suisse et en Bavière, en Espagne, en Italie, en Crimée et en Égypte, tandis qu'*E. gignouxii* le représente à Madagascar. Mais les corrélations à grande distance sont beaucoup plus incertaines, les indications de niveaux stratigraphiques ne concordant pas rigoureusement.

BIBLIOGRAPHIE

- ABRARD R. (1925). — Le Lutétien du bassin de Paris. Thèse, Paris.
- AIRAGHI C. (1899). — Echini del bacino della Bormida. *Boll. Soc. geol. ital.*, vol. 18, p. 140.
- ARCHIAC A. D' (1846). — Description des fossiles recueillis par M. Thorent dans les couches à Nummulines des environs de Bayonne. *Mém. Soc. géol. Fr.*, Géol., 2^e sér., t. II, n° 4.
- BONEV Z. (1947). — La géologie d'une partie de Sarnena-Gora à l'W du Stara-Sagora. *Rev. Soc. géol. bulgare*, vol. 15-19, p. 71.

- BOUSSAC J. (1911). — Études stratigraphiques et paléontologiques sur le Nummulitique de Biarritz. *Ann. Hébert*, t. 5.
- CASTEX L. (1930). — Révision des Échinides du Nummulitique du département des Landes. *Actes. Soc. linn. Bordeaux*, t. 82.
- CASTEX L. et LAMBERT J. (1920). — Révision des Échinides des falaises de Biarritz. *Ibid.*, t. 71.
- COTTEAU G. (1889-94). — Paléontologie française, terrains tertiaires, t. 2, Paris, Masson.
- (1890). — Échinides éocènes de la province d'Alicante. *Mém. Soc. géol. Fr., Géol., 3^e sér.*, t. V.
- COTTRÉAU J. (1911). — Échinides du Nummulitique en Chalosse. *B. S. G. F.*, (4), XI, p. 429-443, pl. V et VI.
- (1913). — Les Échinides néogènes du bassin méditerranéen. Thèse, Paris. *Ann. Inst. océanog.*, t. 6, n° 3.
- DARDER PERICAS B. (1945). — Estudio geológico del sud de la provincia de Valencia y norte de la de Alicante. *Bol. Inst. geol. minero España*, vol. 57, fasc. 2.
- DESOR E. (1853). — Notice sur les Échinides du terrain nummulitique des Alpes, avec les diagnoses de plusieurs espèces et genres nouveaux. *Actes Soc. helv. Sc. nat.*, 38^e sess.
- DONCIEUX L. (1911). — Catalogue descriptif des fossiles nummulitiques de l'Aude et de l'Hérault, 2^e partie, fasc. 2. *Ann. Univ. Lyon*, nouv. sér., Sc., fasc. 30.
- DUNCAN P. M. et SLADEN W. P. (1884). — Monographs of the fossil Echinoidea of western Sind. The fossil Echinoidea from Khirtar series.
- FABRE A. (1939). — Description géologique des terrains tertiaires du Médoc. Thèse, Bordeaux, E. Drouillard.
- FOURTAU R. (1907). — Sur quelques Échinides éocènes d'Égypte nouveaux ou peu connus. *Bull. Inst. égypt.*, (5), t. 1, p. 205.
- (1909). — Description des Échinides fossiles recueillis par MM. W. F. Hume et John A. Ball dans le désert libyque et le N du désert arabe. *Mém. Inst. égypt.*, t. 6.
- (1913). — Catalogue des Invertébrés fossiles de l'Égypte représentés dans les collections du geological Museum au Caire. Gouv. égypt., Admin. Arpentages.
- KALABIS V. (1949). — Monographie des Clypeâstres du Miocène de la Tchécoslovaquie. *Rozpr. Stat. geol. Ustav. ceskosl. Rep.*, t. 11.
- LAMBERT J. (1906). — Étude sur les Échinides de la molasse de Vence. *Ann. Soc. Lett., Sc., Arts Alpes-Maritimes*, t. 20.
- (1912-15). — Révision des Échinides fossiles du Bordelais. I. Échinides de l'Éocène ; II. Échinides de l'Oligocène. *Actes Soc. linn. Bordeaux*, t. 66.
- (1918). — Révision des Échinides du Nummulitique de la Provence et des Alpes françaises. *Mém. Soc. pal. suisse*, t. 43.
- (1927). — Révision des Échinides fossiles de la Catalogne. *Mem. Mus. Ci. nat. Barcelona*, ser. géol., t. 1.
- (1933). — Échinides de Madagascar communiqués par M. H. Besairie. *Ann. géol. Serv. Mines, Tananarive*, fasc. 3.
- LAMBERT J. et THIÉRY P. (1921-24). — Essai de nomenclature raisonnée des Échinides, fasc. 5, 6, 7. Chaumont, L. Ferrière.
- LAUBE G. C. (1868). — Ein Beitrag zur Kenntniss der Echinodermen des

vicentinischen Tertiärgebietes. *Denkschr. kais. Ak. Wissen., Math.-Natur. Kl.*, t. 28, part. 2.

LORIOI P. DE (1875). — Description des Échinides tertiaires de la Suisse. *Mém. Soc. pal. suisse*, t. 2.

— (1877). — Description des Échinodermes de la Crimée. Genève.

— (1883). — Eocaene Echinoiden aus Aegypten und der libyschen Wüste. *Paleontographica*, t. 30, 2^e part.

MARGARA J. (1946). — Études biométriques sur les Clypéastres du Miocène de Syrie. Dipl. Ét. sup. Paris, inédit.

MAYER-EYMAR C. 1898. — Neue Echiniden aus den Nummulitengebilden Egyptens. *Vierteljahr. naturf. Ges. Zurich*, Jahrg. 43.

MORTENSEN Th. (1948). — A Monograph of the Echinoidea, t. 4, n° 1 : Cassiduloida. Copenhagen, C. A. Reitzel.

OPPENHEIM P. (1902). — Revision der tertiären Echiniden Venetiens und des Trentino, unter Mitteilung neuer Formen. *Zeitschr. deutschen geol. Gesell.*, Bd 54, p. 159.

PINAR N. (1952). — Sur une méthode de détermination de *Clypeaster* d'Anatolie. *Rev. Fac. Sc. Univ. Istambul*, sér. B, t. 17, fasc. 1.

POMEL A. (1883). — Classification méthodique et genera des Échinides vivants et fossiles. Alger, A. Jourdan.

ROMAN J. (1952). — Sur les structures internes des Clypéastres. *B. S. G. F.*, (6), II, p. 403.

TARAMELLI T. (1874). — Di alcuni Echinidi eocenici dell'Istria. *Ann. r. Ist. veneto*, (4), t. 3.

TAVANI G. (1946). — Fossili eocenici della Cirenaica. *Atti Soc. toscana Sc. nat.*, t. 53.

A PROPOS DES ORGANES DE PANDER DES TRILOBITES

PAR **Pierre Hupé** ¹.

PLANCHES XXIX ET XXX, FIG. 1.

Sommaire. — Révision des connaissances actuelles sur les organes de Pander des Trilobites. L'existence réelle d'un orifice pandérien est contestée. Celui-ci correspondrait seulement à une zone d'amincissement tégumentaire, jouant le rôle d'« avertisseur » lors de l'enroulement. L'auteur esquisse une évolution de la protubérance et de l'« avertisseur » pandériens.

La connaissance des organes de Pander des Trilobites a beaucoup progressé depuis ces dernières années et ils apparaissent maintenant comme relativement fréquents. Mais on ne les connaît jusqu'ici que chez des formes post-cambriennes, de sorte qu'on peut les considérer comme des acquisitions évolutives.

CLASSIFICATION. — Un classement provisoire des différents types observés peut s'établir comme suit :

A) *Organes de Pander pourvus d'un « orifice » pandérien.* 1^o Type *Asaphus cornutus* (fig. 1 C et Pl. XXX, fig. 1). C'est le type le plus différencié et probablement le plus évolué (voir plus loin). Il consiste en une protubérance de la doublure pleurale, située à distance variable du bord proximal de cette dernière, dans la moitié antérieure de la largeur. On observe en outre, immédiatement en arrière de la protubérance pandérienne, un « orifice » ² (orifice pandérien) sur lequel nous reviendrons.

On connaît ce type d'organe de Pander dans les genres d'Asaphides suivants : *Asaphus* (en partie), *Hemigyraspis*, *Isotelus*, *Megalaspis*, *Pseudoasaphus*, *Pseudobasiliscus*, *Ptychopyge* (d'après Siegfried [1936]), auxquels s'ajoutent *Asaphelina* (?), *Kirkella* et *Lachnostoma* [Ross, 1951].

2^o Type *Niobe emarginula* (fig. 2 a et b). Il ne diffère pas du type précédent en ce qui concerne l'organe de Pander même, mais ici le bord proximal de la doublure pleurale, au lieu d'être régulièrement concave comme dans le

1. Note présentée à la séance du 20 décembre 1954.

2. Ce genre d'organe pandérien n'est peut-être pas spécial aux Asaphides si, comme il semble probable, la perforation paire signalée par Whittington [1952] vers le milieu de la doublure céphalique d'*Hypodicranotus striatulus*, à l'aplomb des yeux, est assimilable à un « orifice » pandérien (la perforation ne paraît pas exister sur les plèvres thoraciques). Étant donné que cette espèce montre une suture médiane, comme les *Asaphidae*, il y aurait là une raison de plus pour placer les *Remopleurididae*, auxquels elle appartient, dans la super-famille des *Asaphoidae*.

7 juin 1955.

type *A. cornutus*, présente une encoche plus ou moins profonde, à laquelle aboutit un sillon de netteté variable, qui traverse la plèvre diagonalement, en se dirigeant vers le bord pleural antérieur et sur le trajet duquel se trouve l'orifice pandérien.

Ce type, plutôt rare, n'est connu que chez les Asaphidés suivants : *Niobe*, *Pseudobasilicus*, *Ptychopyge* [Siegfried, 1936]. Intermédiaire, morphologiquement, entre le type précédent et le type suivant, il se pourrait qu'il le fut aussi en ce qui concerne l'évolution de l'organe.

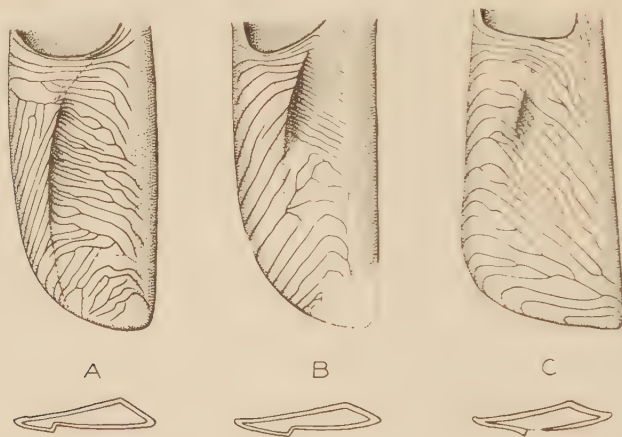


FIG. 1. — Organes de Pander de la 8^e plèvre.

A : *Symphysurus palpebrosus* DALM. ; B : *Nileus armadillo* DALM. ; C : *Asaphus cornutus* PAND. En bas : section de la plèvre à hauteur de l'organe ($\times 10$ environ).

N. B. Dans cette figure, comme dans toutes les suivantes, le bord antérieur des plèvres est à gauche.

B) Organes de Pander pourvus d'une « encoche » pandérienne. 3^o Type *Asaphus expansus* (fig. 2 c à f). C'est de beaucoup le plus répandu et probablement le plus primitif (voir plus loin). Ici, la protubérance pandérienne apparaît située au bord antérieur d'une encoche profonde de la doublure pleurale (fig. 2 c), sans aucun doute homologue de celle du type précédent et considérée [Siegfried, 1936] comme équivalente de l'« orifice » pandérien. Nous reviendrons ultérieurement sur cette assimilation.

Ce type présente une marge de variation importante qui intéresse d'ailleurs plutôt la forme et l'extension de la doublure pleurale que l'organe lui-même. On l'observe non seulement chez certains *Asaphidae* (*Asaphus* du groupe d'*expansus* (fig. 2 c) et *Onchometopus* [Siegfried, 1936]), mais aussi dans d'assez nombreuses autres familles : *Bathyruridae* avec *Goniotelina* et *Strigigenalis* [Whittington, 1953] ; *Dimeropygidae* avec *Chomatopyge* [Whittington, 1953], *Dimeropygiella* [Ross, 1953], *Dimeropyge* [Whittington, 1953 ; Whittington et Evitt, 1954] (fig. 2 f), *Mesotaphraspis* [Whittington, 1953] ; *Illaenidae* avec *Illaenus* [Siegfried, 1936].

Ce type d'organe de Pander s'observe jusqu'au Carbonifère, avec le genre *Paladin* (*Proetidae* [Whittington, 1954]).

4^e Type *Flexicalymene senaria* (fig. 2 g). Ce type s'observe chez *Flexicalymene senaria* [Whittington, 1941] et chez *Proetus concinnus* [Siegfried, 1936]. La proéminence pandérienne intéresse la partie distale du bord antérieur de la doublure pleurale qui est ici très étroite, avec un bord distal décrivant une courbe régulière sans encoche. Siegfried admet néanmoins que la courbe simple, décrite par le bord de la doublure, concentriquement au bord de la plèvre, est l'équivalent de l'encoche pandérienne, donc de l'« orifice pandérien ». Plus prudent, Whittington ne se prononce pas sur ce point.



FIG. 2. — Organes de Pander.

a : *Niobe frontalis* DALM ($\times 9$); b : *Ptychopyge* ($\times 2$); c : *Asaphus lepidurus* NIESZK. ($\times 6$); d : *Illaenus esmarkii* SCHLOTH. ($\times 4$); e : *Illaenus chudleighensis* HOLM ($\times 3$); f : *Dimeropyge spinifera* WHITTINGTON et EVITT ($\times 20$); g : *Flexicalymene senaria* (CONRAD) ($\times 5$); h : *Acaste downingiae* MURCH ($\times 9$).

a, b, c, d, e, d'après les dessins et photos de SIEGFRIED [1936]; f, redessiné d'après WHITTINGTON et EVITT [1954]; g, adapté d'une photo de WHITTINGTON [1941]; h, d'après SALTER [1867].

Il est en tous cas certain que ce 4^e type est à rattacher au précédent. Chez *Illaenus*, en effet, on peut observer au bord proximal de la doublure, soit une encoche (fig. 2 d), soit une courbe sans encoche bien appréciable (fig. 2 e). N'était la grande extension de la doublure dans le genre *Illaenus*, on pourrait rattacher la seconde de ces deux formes au type 4.

C) *Organes de Pander sans « orifice » ni encoche pandériens*. 5^e Type *Acaste downingiae*. Le bord proximal de la doublure est régulièrement concave, sans

encoche. Il existe, près de l'angle antérodistal de la plèvre, une protubérance que Siegfried [1936] assimile à juste titre au bouton qui s'observe dans le 1^{er} type, mais il n'existe pas d'« orifice » pandérien en arrière de cette protubérance (fig. 2 h).

6° Type *Nileus armadillo* [Hupé, 1945]. La protubérance pandérienne est comparable à celle du type 1, mais plus développée (fig. 1 B). Aucun orifice pandérien ne s'observe en arrière d'elle.

7° Type *Symphysurus palpebrosus*. Voisin du précédent, ce type, qui s'observe chez *S. palpebrosus* [Hupé, 1945] et *Phacops latifrons* [Siegfried, 1936,] en diffère par la grande extension de la crête pandérienne qui traverse diagonalement toute la plèvre (fig. 1 A). Chez *Symphysurus*, la crête peut montrer une zone de culmination dont l'extension correspond à peu près à celle de la protubérance pandérienne du type *Nileus*.

RAPPORTS ENTRE LES DIFFÉRENTS TYPES D'ORGANES DE PANDER. — Malgré leur variété, les divers organes de Pander semblent étroitement reliés l'un à l'autre.

Des trois premiers types, le 3^e semble le plus primitif. C'est du moins ce qui ressort de l'examen des Asaphidés, en particulier en Esthonie. Là, d'après les données de Siegfried [1936] complétant celles de Fr. Schmidt, ce type, se rencontre en effet uniquement dans l'Ordovicien inférieur et moyen (étages B2 et B3, avec les *Asaphus* du groupe d'*expansus* (3 espèces) et le g. *Onchometopus*. Il coexiste à ces niveaux avec le 2^e type (g. *Niobe*, *Ptychopyge*).

Le 1^{er} type, par contre, n'apparaît que dans l'étage B3¹ — ou à un niveau équivalent — en Bohême avec « *Ogygia* » *desiderata* (Ddγ4), et en Esthonie avec 3 espèces d'*Asaphus*. Mais il atteint son acmé dans l'étage C avec 10 espèces d'*Asaphus* et un survivant du 2^e type (*Pseudobasilicus*), et on le retrouve au sommet de l'Ordovicien (étages E et F) avec le genre *Isotelus*.

La liaison entre les organes de Pander pourvus d'un « orifice » et ceux où ce dernier est remplacé par une encoche du bord de la doublure s'établit : 1° grâce à *Pseudoasaphus globifrons* qui montre un « orifice » sur les plèvres thoraciques et une encoche (parfois remplacée par un orifice, selon Siegfried), sur la doublure céphalique (fig. 3) ; 2° grâce aux organes du 2^e type.

La transition entre les organes pourvus d'un « orifice » (fig. 4 c) et ceux qui en sont dépourvus (fig. 4 a) s'observe chez *Asaphus cornutus* (1^{er} type) où le jeune holaspis montre une protubérance pandérienne sans « orifice » (fig. 4 b), alors que l'adulte peut en être pourvu (fig. 4 c).

1. Rien de très précis n'est connu sur l'organe de Pander d'*Asaphus bröggeri* de la base de l'étage B. Même s'il appartenait au type A. *cornutus*, les conclusions générales que nous essayons de dégager ne sauraient guère être affectées par un cas exceptionnel.

En fait, comme j'ai déjà eu l'occasion de le préciser [Hupé, 1945, 1953], l'« orifice » représente — au moins chez *Asaphus cornutus* et probablement chez tous les Asaphidés des 1^{er} et 2^e types — à peu près certainement une lacune de fossilisation. Dans plusieurs cas, en effet, j'ai pu observer sur des sections sériées et polies, colorées au bleu de méthylène (Pl. XXIX), une mince membrane, déformée, plus ou moins en continuité avec la doublure, et dont l'extension correspond à très peu près à celle de l'« orifice » pandérien. Elle est ici refoulée vers l'intérieur, mais il est probable qu'elle restait

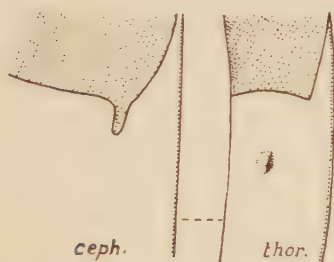


FIG. 3. — Organes de Pander chez *Pseudoasaphus globifrons* Eichw.

ceph. : céphalique ; thor. : thoracique
(adapté de SIEGFRIED [1936] ($\times 3,5$ environ)).

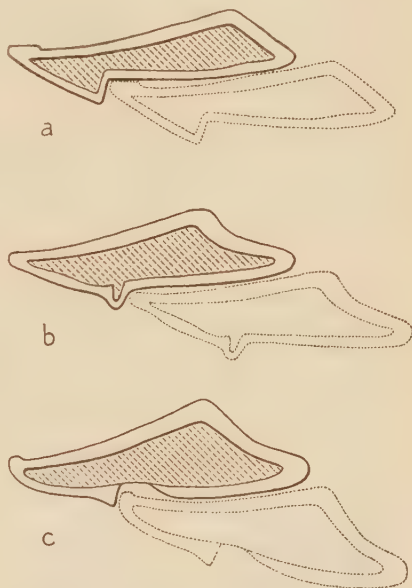


FIG. 4. — Coupes, à hauteur de l'organe de Pander, des plèvres de : a, *Symphysurus palpebrosus* ($\times 18$) ; b, jeune individu d'*Asaphus cornutus* ($\times 30$) ; c, individu adulte d'*Asaphus cornutus* ($\times 20$).

intacte dans certains cas, comme celui de la Pl. XXX, fig. 1 (cf. aussi fig. 1 C) où les lignes en terrasse s'observent jusqu'à la base même de la protubérance pandérienne, sans laisser place au moindre « orifice ». Le fait aussi qu'une ou plusieurs lignes en terrasse puissent franchir l'organe pandérien sans déviation (Pl. XXX, fig. 1) milite à mon sens en faveur de l'absence de toute espèce d'orifice réel. On sait d'ailleurs [Siegfried, 1936] que, chez *Ptychopyge* et *Pseudobasilicus*, l'« orifice » est parfois si petit qu'il devient très difficile à observer.

Au reste, si l'« orifice » pandérien et l'encoche pandérienne devaient être considérés comme d'authentiques ouvertures, il faudrait admettre : 1^o qu'il peut exister dans certains cas (2^e type),

deux de ces ouvertures sur la même plèvre ; 2° que la *totalité* de la partie distale du tégument ventral non fossilisable des plèvres peut constituer un véritable organe de Pander, non pas seulement dans les cas où ce territoire tégumentaire est bordé vers l'avant par un tégument fossilisable renflé en butoir pandérien (c'est ce qu'admet Siegfried pour *Proetus* ; voir plus haut), mais aussi dans les cas où le butoir n'existe pas, puisque, selon Siegfried, l'« orifice » pandérien peut exister sans être accompagné d'une protubérance pandérienne (*Asaphus devexus*, *A. ornatus*, *Isotelus*).

Autrement dit, *il n'existe pas de critère vraiment valable pour caractériser les prétendues ouvertures pandériennes et les distinguer des régions de la partie ventrale des plèvres où le tégument était simplement aminci et non fossilisable.*

RÔLE ET ÉVOLUTION DE L'ORGANE DE PANDER. — a) *Protubérance pandérienne* (= bouton, butoir, crochet, saillie, crête, etc., pandériens). Tous les auteurs modernes sont d'accord pour considérer la protubérance pandérienne — quelques que soient sa position et son extension — comme un butoir limitant le glissement des plèvres l'une sur l'autre à la fin de l'enroulement.

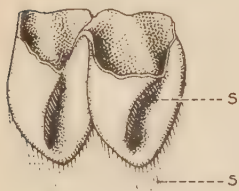


FIG. 5. — Plèvres abdominales d'*Astacus fluviatilis*. s, soies (d'après HUXLEY [1880] $\times 2$).

Un tel dispositif s'observe encore actuellement chez certains Crustacés, comme *Astacus* (fig. 5), où il rappelle la crête pandérienne du type *Symphysurus* (fig. 1 A).

Dans le genre *Asaphus*, l'évolution de la protubérance du 1^{er} type semble bien s'être faite dans le sens d'une réduction. Selon les données de Siegfried [1936], jusque dans la base de l'étage C₁, elle est bien développée, parfois très forte, mais au sommet du même étage apparaissent des formes (*A. devexus*, *A. ornatus*) où elle a cessé d'être individualisée. Elle est faible chez *A. nieszkowskii* mut. *itjerensis* de l'étage C₃.

Elle est, au surplus, réduite ou absente chez *Isotelus*, du sommet de l'Ordovicien [Siegfried, 1936].

Dans le genre *Asaphus* (groupe de *cornutus*), il est constant que la longueur de la protubérance diminue de l'arrière vers l'avant (Pl. XXX, fig. 1), tandis que les segments prennent dans l'ensemble un caractère plus évolué (élargissement du rachis) [Hupé, 1945]. L'ontogénèse du thorax offre donc, semble-t-il, ainsi, une image de l'évolution de la protubérance pandérienne,

les segments les premiers formés (segments antérieurs) étant en « avance d'évolution » sur les derniers libérés (segments postérieurs).

On est ainsi conduit à considérer les très longues protubérances pandériennes du type *Symphysurus* (fig. 1 A), comme appartenant à un type primitif et généralisé, susceptible de se rencontrer dans d'autres groupes (*Astacus*, fig. 5) et évoluant, chez les Trilobites, dans un sens régressif, en passant possiblement par une taille moyenne comme chez *Nileus* (fig. 1 B), avant de connaître, dans le genre *Asaphus*, une très forte réduction allant jusqu'à une totale disparition.

Il est à noter que l'ornementation de la face inférieure de la plèvre subit une évolution parallèle à celle de la protubérance [Hupé, 1945] et portant à la fois sur le nombre des lignes en terrasse et sur leur disposition.

Chez *Symphysurus*, les lignes en terrasse présentent, en avant de la crête pandérienne, une direction très différente de celle qu'elles montrent en arrière, sauf vers les extrémités de la protubérance, c'est-à-dire là où sa saillie est nettement moins forte (fig. 1A). Ici, sur l'animal enroulé, les lignes en terrasse pré-pandériennes d'une plèvre s'alignent exactement, dans la zone de culmination de la protubérance, sur les lignes en terrasse homologues de la plèvre précédente (fig. 6 a). Mais il n'en est plus de même dans les genres où la protubérance est plus réduite (fig. 6 b).

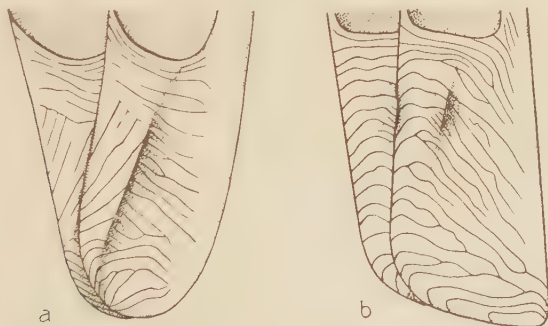


FIG. 6. — Rapports des plèvres en fin d'enroulement.

a : chez *Symphysurus palpebrosus* (6°) ; b : chez *Asaphus cornutus* (8°)
(× 10 environ).

Conjointement, le nombre des lignes en terrasses situées immédiatement en arrière de la protubérance pandérienne va en diminuant [Hupé, 1945]. Chez *Symphysurus*, le rapport entre le nombre des lignes en terrasse post-pandériennes et celui des pré-pandé-

riennes est environ de 4 (fig. 1 A, 6 b, 7 a). Il tombe à 2,5-3 chez *Nileus* (fig. 1 B). Chez *Asaphus* (fig. 1 C) le nombre de lignes en terrasses est à peu près le même de part et d'autre de la protubérance pandérienne, mais il est là environ 2 fois plus élevé que dans les régions voisines.

Il semble donc qu'il y ait un rapport direct entre, d'une part, la taille de la protubérance et, d'autre part, la direction des lignes en terrasse en avant d'elle et leur nombre immédiatement en arrière.

On ne sait malheureusement rien sur le rôle possible des lignes en terrasse. Dessinant des saillies linéaires, elles étaient peut-être plus sensibles aux excitations extérieures, en particulier aux frottements, que les zones en creux qui les séparent. Dans cette hypothèse, il est possible que, par suite de la réduction évolutive de



FIG. 7. — Rapports entre les lignes en terrasse de la face supérieure et de la face inférieure des plèvres.

a : face inférieure de la 1^{re} plèvre de *Symphysurus palpebrosus* ($\times 12$ env.) ; b : face supérieure de la même ; c : face supérieure de la 8^e plèvre d'*Asaphus cornutus* (cf. fig. 1 C).

la saillie pandérienne et de la diminution concomitante du nombre des lignes en terrasse en arrière d'elle, un dispositif nouveau, l'« orifice » pandérien, soit apparu pour maintenir dans la région post-pandérienne une sensibilité utile et qui risquait de disparaître (voir plus loin).

Il est à noter que la disposition des lignes en terrasse à la face

supérieure des plèvres est sans rapport avec celle de la face inférieure (fig. 7) ¹.

L'existence de protubérances pandériennes sur le bord antérieur du pygidium de *Symphysurus palpebrosus* (fig. 8 a) et d'*Acaste downingiae* [Salter, 1867, Siegfried, 1936] pose un intéressant problème d'évolution. Inutiles, puisqu'aucune plèvre ne peut

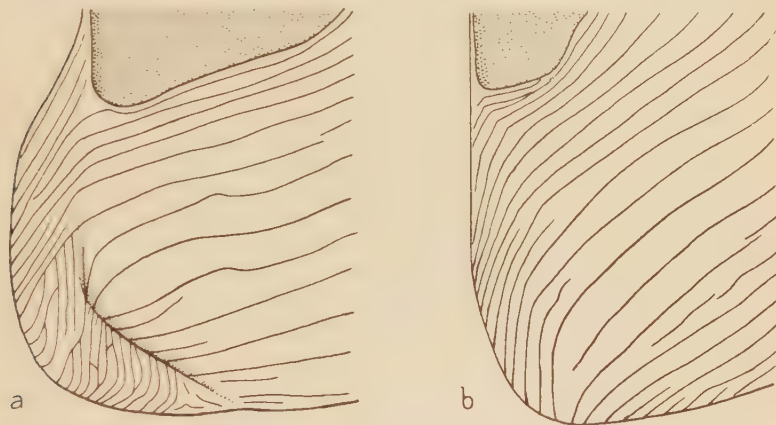


FIG. 8. — Bord antérieur de la face ventrale du pygidium.

a : chez *Symphysurus palpebrosus* ; b : chez *Asaphus cornutus* ($\times 15$).

venir buter contre eux, ces organes ne peuvent guère être considérés que comme des structures vestigielles, héritées d'ancêtres ayant eu au moins un segment thoracique de plus. Ils paraissent appartenir uniquement au type sans « orifice » ni encoche pandérienne. Les Asaphides dont l'organe de Pander représente un « orifice » semblent en être dépourvus sur le pygidium (fig. 8 b).

b) « Orifice » pandérien et encoche pandérienne. Si, comme je le pense (voir plus haut), l'« orifice » pandérien ou l'« encoche pandérienne » ne représentent que des lacunes de fossilisation — au même titre que tout le tégument de la partie proximale des plèvres dont les encoches ne sont que le prolongement rétréci — il est inutile de chercher à en faire le débouché de glandes ou de trachées, comme le voulaient Raymond [1920] et Siegfried [1936].

Néanmoins, l'existence fréquente, juste en arrière de la protubérance pandérienne, d'un petit territoire où le tégument est si

1. Toute une étude de la disposition exacte des lignes en terrasse sur les plèvres reste à faire. Peut-être permettrait-elle de dégager des constantes comparables à celles de la nervation alaire des Insectes.

aminci qu'il peut n'être pas fossilisé, ne laisse pas d'avoir une signification. Il est probable que cette petite aire, très fragile, plus sensible que le tégument adjacent, était « impressionnée » par le passage du bord antérieur de la plèvre, très peu avant que ce dernier vienne buter sur la protubérance pandérienne. Elle jouait donc, en quelque sorte, le rôle d'avertisseur ¹.

Représentant un dispositif favorable, l'« avertisseur pandérien » a dû se développer par sélection naturelle à partir de protubérances pandériennes banales du type *Symphysurus*, par l'amincissement du tégument au pied de leur flanc postérieur, soit en un point éloigné du bord proximal de la doublure (1^{er} type); soit aux abords mêmes du bord proximal de la doublure (3^e type), soit à la fois en ces deux points (2^e type). On peut probablement considérer son apparition, comme une réponse directe à la régression qui affecte simultanément les lignes en terrasse post-pandérienne et la protubérance pandérienne elle-même (voir plus haut). L'« avertisseur pandérien » palierait la diminution des sensations en provenance des lignes en terrasse et serait le suppléant physiologique de ces dernières.

Dans certains cas (*Calymene*, *Proetus*), il n'y avait pas individualisation d'un véritable « avertisseur ». C'est toute la partie centrale, non fossilisable, du tégument ventral de la plèvre adjacent à la protubérance pandérienne, qui en tenait lieu (fig. 2 g et dans une certaine mesure fig. 2 e).

N'étant qu'un dispositif de sécurité supplémentaire, on conçoit que l'« avertisseur pandérien » ait pu ne pas se développer (5^e, 6^e et 7^e types). Lorsqu'il existe, il semble, au moins chez les Asaphidés, que son évolution se soit faite du type le moins spécialisé (3^e type), où l'aire amincie n'est qu'une expansion directe de la partie mince du tégument ventral, vers le plus spécialisé (1^{er} type) où l'aire amincie occupe une position qui l'en rend indépendante (voir le chapitre précédent). Lorsqu'il y a coexistence d'une encoche et d'un « orifice » (2^e type), il s'établit un équilibre tel que, à une encoche bien développée (*Pseudobasilicus* et *Ptychopyge*, fig. 2 b), correspond un « orifice » presque imperceptible, tandis qu'à une encoche à peine indiquée (*Niobe*, fig. 2 a) s'adjoint un « orifice » de taille normale. Mais physiologiquement, l'effet total devait rester à peu près le même dans les deux cas.

1. Un rôle analogue est probablement dévolu aux soies développées au bord de la crête qui accidente la face inférieure des plèvres abdominales d'*Astacus* (fig. 5).

BIBLIOGRAPHIE

- HUPÉ P. (1945). — Les organes de Pander des Trilobites asaphidés. *C. R. Ac. Sc.*, t. 221, p. 705-706.
- (1953). — Classe des Trilobites, in *Traité de Paléontologie* (publié sous la direction de J. PIVETEAU), Paris, Masson, t. III, p. 44-246, 140 fig.
- HUXLEY Th. H. (1880). — L'Écrevisse. Paris, Germer Baillière, 260 p., 81 fig.
- RAYMOND P. E. (1920). — The appendages, anatomy and relationships of Trilobites. *Mem. Connecticut Ac. Arts., Sc.*, vol. 7.
- ROSS R. J. Jr. (1951). — Stratigraphy of the Garden City Formation, in Northeastern Utah, and its Trilobite Faunas. *Peabody Mus. nat. Hist., Yale Univ. Bull.*, vol. 6, 161 p., 4 fig., 36 pl., index.
- (1953). — Additional Garden City (Early Ordovician) Trilobites. *Journ. Paleont.*, vol. 27, n° 5, p. 633-646, 1 fig., 3 pl.
- SALTER J. W. (1867). — A monograph of British Trilobites, Part. IV, *Palaeont. Soc.*, pl. II, fig. 34.
- SIEGFRIED P. (1936). — Ueber das PANDER'sche Organ bei den Asaphiden des Ostbaltischen Ordoviciums. *Publ. geol. Inst. Univ. Tartu*, n° 49, 42 p., 12 fig., 10 pl.
- WHITTINGTON H. B. (1941). — Silicified Trenton Trilobites. *Journ. Paleont.*, vol. 15, n° 5, p. 492-522, 13 fig., 4 pl.
- (1952). — A unique Remopleuridid Trilobite. *Breviora Mus. Comp. Zool.*, n° 4, p. 1-9, 1 fig., 1 pl.
- (1953). — North American Bathyruridae and Leiostegiidae (Trilobita). *Journ. Paleont.*, vol. 27, n° 5, p. 647-678, 5 fig., 5 pl.
- (1954). — Two silicified Carboniferous Trilobites from West Texas. *Smiths. Misc. Coll.*, vol. 122, n° 10, p. 1-16, 3 pl.
- WHITTINGTON H. B. et EVITT W. R. (1954). — Silified Middle Ordovician Trilobites. *Mem. geol. Soc. America*, Mem. 59, 137 p., 27 fig., 32 pl., index.

PLANCHE XXIX.

Sections obliques à travers les plèvres thoraciques d'un spécimen enroulé d'*Asaphus cornutus* PAND. Surfaces polies et colorées au bleu de méthylène. 1, 2, 3, 4, 5, numéro des plèvres ($\times 24$ environ).

A : plèvre 1 sectionnée à faible distance du bord proximal de la doublure ; plèvre 2, entre le bord proximal de la doublure et l'organe de Pander ; plèvre 3, non loin de l'extrémité proximale de l'organe ; plèvres 4 et 5 à travers l'organe même.

B : même échantillon ; plèvre 1, entre le bord proximal de la doublure et l'organe ; plèvre 2, vers l'extrémité proximale de l'organe ; plèvres, 3, 4, 5, à travers l'organe même.

PLANCHE XXX

FIG. 1. — Contre-empreinte de la série des organes de Pander chez *Asaphus cornutus* PANDER. A gauche, bord antérieur du pygidium. De gauche à droite, ensuite, organes des 8 segments thoraciques et du céphalon ($\times 7$ environ).

A PROPOS DE LA SUTURE FACIALE DE *BOULEIA DAGINCOURTI* ULRICH

PAR **Pierre Hupé** ¹.

Pl. XXX, fig. 2, 3, 4.

Sommaire. — Bien que ce Trilobite soit à rattacher aux *Phacopoidae*, superfamille à suture faciale typiquement propariale, sa suture est du type opistoparial (voisine du type gonatoparial).

R. Kozłowski [1923], dans sa description de *Bouleia dagincourti* ULRICH, admet, pour ce Trilobite, une « suture faciale comme chez *Phacops* s. str. ; elle s'efface en avant de la glabelle ».

L'échantillon type, décrit par Ulrich [1892], puis par Kozłowski [1923], fait partie de la collection de l'Ecole nationale supérieure des Mines de Paris. Grâce à l'obligeance de M. le Professeur J. Piveteau, Conservateur des collections, j'ai pu réexaminer cet échantillon et il s'avère que sa suture est en réalité très différente de celle de *Phacops* et de tous les autres *Phacopoidae*, tels qu'ils sont décrits et figurés jusqu'ici.

La partie préoculaire est bien du type phacopoïde, c'est-à-dire qu'elle passe en avant de la glabelle (ici surplombante) en ceinturant le contour externe. Quoique son examen soit rendu localement délicat par une légère érosion de la crête qui la porte, il n'y a aucun doute quant à son tracé (fig. 1 et Pl. XXX, fig. 2 à 4).

La partie postoculaire, par contre, après un tracé d'abord subparallèle au bord postérieur du céphalon — en réalité un peu incliné vers l'arrière par rapport à lui — se recourbe brusquement vers l'arrière à 1,5 mm environ avant d'atteindre le bord céphalique latéral, devient subparallèle à ce dernier et atteint le bord postérieur du céphalon à 1-1,5 mm de l'angle génal. Il en résulte donc, comme je l'avais déjà signalé en 1953 [Hupé, 1953 b, p. 69 et 86], que la suture faciale est du type opistoparial (fig. 1, Pl. XXX, fig. 2 à 4).

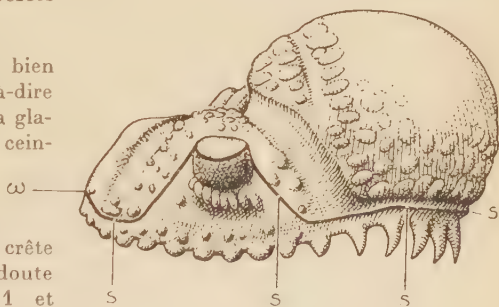


FIG. 1. — Céphalon de *Bouleia dagincourti* ULRICH, vu de profil (cf. Pl. XXX, fig. 2).

ω extrémité postérieure de la suture faciale ;
s, suture faciale (× 1,5).

1. Note présentée à la séance du 6 décembre 1954.

L'angle génal est bien indiqué et correspond au premier des tubercules qui ornent latéralement le bord du céphalon. Ces tubercules dessinent deux rangées, depuis un point situé un peu en avant de l'angle génal jusqu'au sillon dorsal. C'est entre ces deux rangées de tubercules et la joue que se situe le sillon péricéphalique, ici très évasé. Or, dans la partie postérieure de son tracé, la suture postoculaire vient tangenter la rangée la plus interne et court donc ainsi à peu près dans le sillon péricéphalique. Elle se recourbe d'ailleurs vers l'axe de la tête, c'est-à-dire vers l'intérieur, un peu avant d'atteindre le bord céphalique postérieur. Son tracé est donc à peu près *cédariiforme*¹.

La présence d'une suture opistopariale chez divers représentants *évolués* de superfamilles typiquement propariales — *Phacopoidae* avec *Bouleia*, et *Cheiruroidae* [Stubblefield, 1936] — montre, s'il en était encore besoin, la fragilité d'une classification considérant les *Opistoparia* et les *Proparia* comme de grands groupes naturels, les derniers étant considérés comme dérivant obligatoirement des premiers.

Il est plus probable que si, statistiquement, les *Proparia* dérivent bien d'*Opistoparia* — par néoténie partielle (ou pædomorphose²) — il peut, inversement, y avoir retour de certains *Proparia* évolués, comme *Bouleia* du Dévonien, au type opistoparial ancestral, par un processus gérontomorphique².

BIBLIOGRAPHIE

- HUPÉ P. (1953 a). — Classe des Trilobites, in *Traité de Paléontologie* (publié sous la direction de J. PIVETEAU). Paris, Masson, t. III, p. 44-246, 140 fig.
- (1953 b). — Classification des Trilobites. *Ann. Pal.*, t. XXXIX, p. 62-174, 100 fig.
- KOZŁOWSKI R. (1923). — Faune dévonienne de Bolivie. *Ibid.*, t. XII, 112 p., 7 fig., 1 tabl., 10 pl.
- STUBBLEFIELD C. J. (1936). — Cephalic sutures and their bearing on current classifications of trilobites. *Biol. Rev.*, vol. 11, p. 407-440.

LÉGENDE DE LA PLANCHE XXX

FIG. 2. — Céphalon de *Bouleia dagincourti* ULRICH ; profil légèrement de trois quarts (cf. fig. 1, p. 713) ; côté droit. Échantillon type, Coll. École des Mines, Paris (× 2).

FIG. 3. — Céphalon du même échantillon ; profil ; côté droit (× 2).

FIG. 4. — Céphalon du même échantillon ; profil ; côté gauche (× 2).

1. Au sens que j'ai donné à ce mot. Voir Hupé [1953 a, p. 54].

2. Pour le sens des mots pædomorphose et gérontomorphose, voir Hupé [1953 a et b].

LES PHASES DU MÉTAMORPHISME EN ROUERGUE

PAR **Pierre Collomb**¹.

PLANCHE XXXI.

Sommaire. — Les travaux récents de l'auteur mettent en lumière l'existence en Rouergue de deux phases, bien distinctes dans le temps, du métamorphisme général. Les caractères pétrographiques des principales formations d'ectinites et de migmatites qui en résultent sont brièvement exposés. La deuxième phase se manifeste essentiellement par des phénomènes de rétro-morphose.

Deux phases tectoniques, dont les directions axiales sont N 75° W et N 15° W, sont associées respectivement aux deux phases de métamorphisme dont la seconde affecte par conséquent, dans l'W du pays, des terrains déjà largement plissés.

Le massif du Lézou, considéré par l'auteur comme un dôme d'imbibition, laisserait apparaître le socle antécambrien sous sa série de couverture, probablement infracambrienne, au moins à sa base.

Les schistes cristallins et les granites du Rouergue s'étendent sur environ 3 000 km² ². Limités à l'W par la faille de Villefranche, au contact des Causses du Quercy et du Permo-Houiller des environs de Najac et de Laguéprie, ils sont recouverts en transgression par la série sédimentaire, depuis le Houiller jusqu'au Jurassique du Détroit de Rodez et des Grands Causses, sur la plus grande partie du reste de leurs bordures, souvent soulignées par des dislocations. Vers le SW enfin, leurs rapports avec les micaschistes de l'Albigéois sont difficiles à établir, la zone de passage étant soit tectonisée (environs de Réquista), soit masquée par les dépôts tertiaires.

HISTORIQUE. — L'abondance de la végétation rend très difficile l'étude géologique de cette région, de ce fait encore assez mal connue jusqu'à présent. Les travaux de Blavier [1806], Dulac [1830], Duval [1841], M. de Serres [1844], Boisse [1842 et 1870], Reynès [1868], Bergeron [1889] et Vigarié [1927], n'apportaient que quelques observations locales, faites au hasard des rares affleurements et concernant surtout les roches éruptives. Les cartes géologiques de Boisse [1858], Bergeron et Dereims [1910], Fournier [1909], sont schématiques dans leurs contours et imprécises quant à l'interprétation des formations distinguées.

1. Note présentée à la séance du 13 décembre 1954.

2. Compris dans les limites des feuilles au 80 000° de Rodez, Albi, Séverac et Saint-Affrique.

Les recherches importantes de A. Demay sur la bordure sud du massif du Lézou et les régions voisines ont mis en évidence, d'une part le caractère plissé du pays, et d'autre part l'existence de gneiss d'injection et d'imprégnation. J. Durand [1938], dans la 2^e édition de la feuille de Rodez au 80 000^e, ne distingue que deux zones de métamorphisme général, les micaschistes et les gneiss, dont la surface de séparation est plissée.

M. Roques [1941], dans le cadre de sa remarquable étude des schistes cristallins du SW du Massif Central, a dégagé les grandes lignes de la zonéographie du Rouergue. D'après cet auteur, la série des migmatites se compose surtout d'embranchites, souvent œillées (massif de Rodez), accompagnées dans le massif du Lézou de granite d'anatexie locale et d'anatexites. Le front des migmatites est monté jusque dans la zone des Micaschistes inférieurs de la série des ectinites, amputée de ce fait de ses termes inférieurs. Un épisode rétrograde du métamorphisme aurait ensuite reporté dans la zone des Micaschistes supérieurs une partie des roches élaborées dans les zones inférieures.

LE POLYMÉTAMORPHISME. — A la suite de nombreux levés détaillés de terrain, dont j'ai pu coordonner les résultats par l'emploi des méthodes macroscopiques de structurologie de l'école de B. Sander, appuyées d'études microtectoniques (selon A. Demay [1942]), je suis en mesure de préciser dès maintenant la signification et les rapports génétiques des principales formations rencontrées, ainsi que de donner un aperçu de la série sédimentaire originelle.

Il est important de souligner que la rétroformation, dont j'ai personnellement cité des exemples dans la région de Najac [1950 a] et de Villefranche-de-Rouergue [1952 b], n'est pas seulement un épisode terminal du métamorphisme régional. Il s'agit, en fait, d'une phase de métamorphisme nouvelle, que je proposerais de nommer « *phase du Bas-Rouergue* », aussi distincte de la « *phase ruthène* »¹ qui l'a précédée que, par exemple, la phase alpine de la phase hercynienne dans le massif du Grand-Paradis, d'après les récents travaux de R. Michel [1952]. Nous verrons en particulier que, au cours de la phase du Bas-Rouergue, il a pu y avoir en certains points néoformation de biotite et même mise en place de migmatites.

Nous adopterons dans la suite de cet exposé la division zonéographique des ectinites mise au point par J. Jung et M. Roques [1952] à titre descriptif et sans préjuger de la valeur des limites de zones en tant que repères tectoniques (voir L. Glangeaud [1938]).

1. Les Ruthènes habitaient la région de Rodez à l'époque de l'invasion romaine.

Les deux phases du métamorphisme.

1. LA PHASE RUTHÈNE. — La série métamorphique résultant de cette première phase peut être étudiée dans le centre et l'E du Rouergue où elle est pratiquement indemne de rétro-morphose, et en particulier le long de la RN 602 entre Réquista et Rodez, dans la gorge du Viaur en amont du pont de Tanus, dans la vallée de l'Aveyron entre Belcastel et Rodez, sur la bordure sud du massif de Lèvezou (région de Montjaux et d'Ayssènes), enfin dans la montagne des Palanges.

a) *Les ectinites*. On retrouve de façon constante dans les ectinites de ces régions un faciès bien particulier dont l'individualité s'impose sur le terrain. Il s'agit d'une roche bien litée, à grain fin, se débitant en dalles d'épaisseur variable le long de surfaces mica-cées souvent bien planes. L'allure générale est celle d'un mica-schiste. La couleur gris clair lorsque la roche est fraîche passe au brun par altération. Sur la tranche on constate, d'autant mieux que la roche est un peu altérée, qu'un feldspath forme une bonne part des éléments blancs, entre les lits serrés de micas. Je désignerai ces roches sous le nom de « *gneiss fins* ».

Le quartz domine dans la composition minéralogique ; il est accompagné d'un *plagioclase* non maclé et un peu altéré en nuage (Pl. XXXI, fig. 1) qui paraît, notamment d'après son indice de réfraction, être un oligoclase un peu acide. Les micas, en belles lamelles à contours un peu déchiquetés, sont de la *muscovite* et de la *biotite* (celle-ci un peu moins abondante) contenant des inclusions de *zircon* à auréoles pléochroïques. On rencontre encore un peu d'*apatite* et de très rares et très petits grains de *grenat*. Il n'y a pas normalement de feldspath potassique, mais celui-ci apparaît au voisinage des migmatites ; corrélativement le grain grossit un peu et la biotite en particulier se développe plus largement.

Les gneiss fins forment la grande masse des ectinites non rétro-morphosées visibles ; on y rencontre des lits d'importance variable où les phyllites paraissent se concentrer : le feldspath y disparaît et le quartz se rassemble fréquemment en lentilles d'exsudation. Ces intercalations définissent, selon J. Jung et M. Roques, le degré de métamorphisme de la formation, qui se classe ainsi dans la *zone des Micaschistes inférieurs* ; on les rencontre de plus en plus nombreuses vers l'W en descendant le cours de l'Aveyron, et vers le S entre la Selve et Réquista. Dans ces régions, le faciès franc des mica-schistes à deux micas domine progressivement, rapidement interrompu au S par la zone de laminage de Réquista et à l'E par l'action de la rétro-morphose.

Les leptynites. Localement les micas se raréfient et la foliation n'est plus marquée que par des alignements de paillettes isolées de biotite ; la roche prend une couleur blanc jaunâtre et devient une leptynite. Un échantillon provenant du pont des Planques, sur l'Aveyron au N de Moyrazès, montre en lame mince un fond équigranulaire finement cristallisé de *quartz* et d'*orthose*, avec quelques petits plagioclases acides (albite-oligoclase) parfois maclés ; la *biotite* se présente en lames relativement grandes, légèrement poecilolitiques, égrenées sur le pourtour de microplis d'axe à peu près W-NW ; la *muscovite*, en toute petites paillettes, est disposée au hasard dans la lame, ses clivages étant seulement parallèles à l'axe ci-dessus, normal au plan de la préparation ; celle-ci est en outre mouchetée de petits amas de produits ferro-titanés (parmi lesquels *sphène* et *ilménite*).

Des leptynites d'un type un peu différent, associées à des quartzites, ont été décrites par M. Roques [1941, p. 157] dans les séries de la Selve et du Viaux, ainsi que les *porphyroïdes* de Réquista qui s'en rapprochent ; je suivrai l'interprétation de cet auteur en considérant ces dernières comme des orthogneiss de microgranite ou de rhyolithe interstratifiés dans la série sédimentaire initiale.

On peut encore ranger dans la zone des Micaschistes inférieurs une roche rose d'allure leptynique qui affleure, généralement très altérée, dans presque toute l'étendue de la forêt des Palanges et que M. Roques considère également comme un orthogneiss de microgranite [1941, p. 154].

Les *amphibolites*, terme important de la série des ectinites, sont particulièrement bien représentées le long de la bordure du Lézou et dans les Palanges. Leur origine n'est pas encore totalement élucidée. Elle est éruptive en ce qui concerne par exemple la variété massive à grenat des environs de Pentézac, au S d'Arvieu, dont A. Lacroix [1917] a montré le passage graduel à la norite. D'autre part, un peu au S de Laissac, un type schisteux présente au microscope les caractères d'un « gneiss fin » où les micas sont remplacés par une *hornblende verte* abondante, peu colorée, associée à très peu de *biotite* ; la roche est parsemée d'amas de *pyrite* ; ceci suggère une origine sédimentaire. Enfin, immédiatement au S du village d'Ayssènes, les lits amphiboliques alternent avec des *leptynites* très blanches où de petits ovoïdes de *grenat* alignés parallèlement au contact se détachent sur un fond finement grenu d'*albite* et de *quartz* moucheté de petites *biotites* presque totalement chloritisées.

Un affleurement de *cipolins* est connu au Moulin de la Rode, près du Viala-du-Tarn.

Toutes les roches décrites ci-dessus appartiennent à la zone des Micaschistes inférieurs. Le long du Viaux, entre Saint-Just et Pont du Navech, affleurent des *micaschistes à mica blanc*, sériciteux et chloriteux, sans feldspath visible ; on n'y décèle aucune trace de rétro-morphose : ils représentent à mon sens *la base de la zone des Micaschistes supérieurs* de la phase ruthène.

b) *Les migmatites ruthènes.* Le faciès de migmatites le plus répandu dans le massif de Rodez est une roche dure et compacte, grise ou rose, faiblement fissile suivant des surfaces micacées grossièrement planes. Sur la tranche, on remarque des yeux de feldspath potassique et de nombreuses amandes polycristallines, qui

écartent les lits très fins et discontinus de mica. Le nombre et la taille des yeux sont très variables : pratiquement absents dans certains bancs, ils sont ailleurs presque jointifs.

L'examen en lame mince montre un fond à grain relativement fin de *quartz* et *microline*, accompagné d'un peu d'*oligoclase acide* bien maclé et généralement frais. Les micas dessinent des lits très fins, parallèlement auxquels ils sont orientés, et, associés au plagioclase, des bandes plus épaisses où leur orientation est moins absolue ; ce sont des *biotites* bien fraîches de taille variable et à contours un peu dentelés, contenant de nombreux *zircons* à auréoles pléochroïques, et des *muscovites* plus petites, limpides, à l'exception de quelques éléments. Ces bandes sont chargées de grains d'*oligiste*, associé à du *leucoxène*, que M. Roques [1941, p. 158] attribue à une décomposition pneumatolytique de la biotite au cours de la migmatisation ; elles contiennent de plus quelques petits *grenats* et un peu d'*apatite*. Les yeux sont des porphyroblastes de *microline* plus ou moins bien maclés, dont les bords émettent de fins prolongements entre les minéraux voisins.

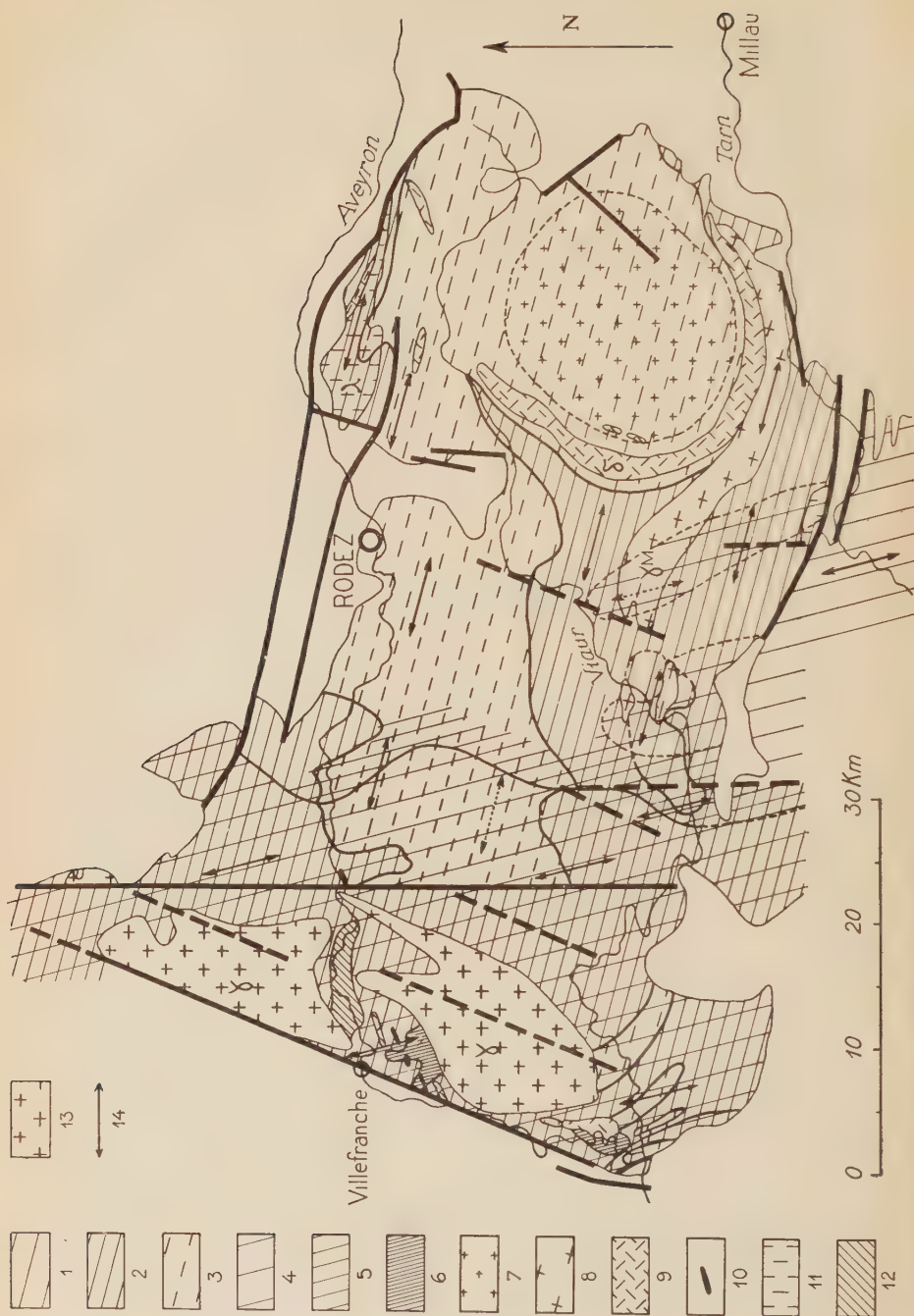
Ces roches dérivent des gneiss fins définis plus haut par recristallisation plus poussée des éléments et surtout adjonction importante de feldspath potassique.

On voit très nettement sur le terrain, près du pont de Saint-Clément, le passage graduel de la migmatite à l'ectinite : en remontant sur quelques dizaines de mètres la route de Moyrazès, on constate que le grain s'affine, les yeux disparaissent, les lits micacés semblent se rapprocher en même temps que la roche paraît devenir plus sensible à l'altération superficielle. Tous les intermédiaires existent entre les deux faciès extrêmes, ce que confirme l'étude microscopique qui montre le feldspath potassique apparaissant d'abord en fines gouttelettes, puis en fins prolongements s'insinuant entre les autres éléments pour enfin former des yeux. La limite est cependant suffisamment nette pour être cartographiée [Durand, 1932] : il s'agit bien ici d'un *front des migmatites*.

En bordure du Lèvezou, en particulier dans la région de Pont-de-Salars et dans les Palanges, les phénomènes sont analogues, mais les caractères de l'« apport » sont un peu différents : de la *micropegmatite* y est toujours présente, dans des stades même précoces, et de plus il s'exprime souvent dans la migmatite sous forme d'une pegmatite à *tourmaline* [Collomb, 1952 a].

On retrouve dans la zone des Migmatites l'équivalent des faciès associés aux gneiss fins ; en particulier des intercalations, surtout fréquentes à l'W, d'une roche très micacée, schisteuse, où les éléments blancs sont concentrés en lits isolés souvent renflés en amandes et œillés, correspondent aux passages de micaschistes francs. Ces derniers paraissent d'ailleurs avoir résisté davantage à la migmatisation et se présentent alors en septums à peine feldspathisés.

Les *amphibolites* également apparaissent d'habitude en septums. Cependant près de Vaysse-Rodié, dans les Palanges, 10 km au NW de Vézins-de-



Lèvezou, la *migmatisation a pénétré la roche*, de façon d'ailleurs irrégulière : sous l'influence du « climat potassique » régnant, le plagioclase initial (andésine) est profondément altéré en une fine poussière micacée, en même temps que la *biotite* se forme aux dépens de la hornblende verte ; le *quartz* apparaît ensuite, pour dominer dans les types extrêmes. Un peu d'orthose seulement est visible, la potasse s'exprimant ici dans les micas nouveaux.

2. LA PHASE DU BAS-ROUERGUE. — Comme il est possible de s'en rendre compte à l'examen de la carte (fig. 1), cette deuxième phase de métamorphisme a surtout intéressé les terrains de la partie occidentale du Rouergue (Bas-Rouergue), déjà affectés à divers degrés par la phase ruthène et plissés.

a) *Phénomènes de rétromorphose*. Les transformations les plus courantes dues à cette deuxième phase sont caractéristiques d'un métamorphisme d'épizone : les phénomènes de laminage y sont de règle, soulignés par la présence de surfaces S chargées de séricite ; la *biotite* est détruite .

Les *gneiss oillés de Rieueproux*, fort bien décrits par M. Roques [1941], montrent clairement ces caractères. Ils dérivent de migmatites ruthènes laminées dans la zone de Micaschistes supérieurs de la phase du Bas-Rouergue ; la *muscovite* y a *recristallisé*, bien que certains de ses cristaux montrent des torsions sensibles.

Dans la région de Villefranche, la rétromorphose s'est effectuée *en conditions zonalement plus profondes* ; on peut voir au microscope le mica blanc et la chlorite en petites paillettes dessiner des microplis « articulés », soulignés par l'alignement des grains de quartz [Collomb, 1952 b]. Près de Najac, la profondeur zonale est encore plus grande, et on peut trouver des points où la chloritisation de la *biotite* est à peine ébauchée ; enfin dans la vallée de l'Aveyron, un peu au N de Laguëpie, affleurent des micaschistes à deux micas non transformés.

b) *La zone à biotite*. On ne connaissait jusqu'ici en Rouergue d'autre manifestation du polymétamorphisme que cette rétromorphose ; mes recherches récentes me conduisent à associer à cette dernière une zone à *biotite*, qui constitue la zone des Mica-

Légende de la figure ci-contre :

FIG. 1. — Carte schématique du Rouergue.

Phase ruthène. 1 : Micaschistes supérieurs ; 2 : Micaschistes inférieurs ; 3 : Migmatites.
Phase du Bas-Rouergue. 4 : Micaschistes supérieurs ; 5 : Micaschistes inférieurs ; 6 : Migmatites ;
7 : anatexités et granites d'anatexie du Lèvezou ; 8 : granites syncinématiques ; 9 : amphibolites ; 10 : couches graphiteuses ; 11 : leptynite des Palanges et porphyroïdes de Réquista ; 12 : gneiss du pont de Vésis ; 13 : granite de Villefranche ; 14 : direction moyenne de la linéation.

N. B. : Les figurés indiqués ci-dessus sont superposés lorsque cela est nécessaire.

schistes inférieurs de la phase du Bas-Rouergue. Les transformations subies dans cette zone par les métamorphites ruthènes sont de moins en moins nettes au fur et à mesure qu'on s'éloigne de l'épizone : ceci est à rapprocher des constatations analogues de R. Michel [1952] dans le Grand-Paradis et de P. Bearth [1952] au Mont-Rose. Au NE de Sauveterre, des paillettes fraîches de mica noir sont visibles dans des gneiss œillés autrement très analogues d'aspect à ceux de Rieuepeyroux qui affleurent à quelque distance vers l'W. On voit au microscope que cette biotite s'est développée au sein de bandes quartzo-feldspathiques à grain fin provenant du laminage de la migmatite primitive (Pl. XXXI fig. 2) ; celui-ci a eu lieu dans une zone où la biotite pouvait recristalliser.

Près du pont de Tanus affleure un micaschiste gris foncé où la muscovite en grandes lames ondulées est le seul mica bien visible macroscopiquement. En lame mince, on constate (Pl. XXXI, fig. 3) que de petites paillettes de biotite parfaitement fraîches se développent dans les intervalles laissés libres entre les grandes muscovites. Celles-ci, en apparence très tordues en microplis, ont cependant réorganisé au moins en partie leur réseau cristallin, se décomposant en éléments plus petits. La biotite s'est développée au cours de la phase du Bas-Rouergue dans une roche de la zone des Micaschistes supérieurs de la phase ruthène : la superposition des métamorphismes ne s'est donc pas traduite ici par une rétro-morphose, mais bien par une *augmentation de degré*.

c) *Les migmatites de la phase du Bas-Rouergue.* Aux environs de Morlhon-le-Vieux, au SE de Villefranche-de-Rouergue, les gneiss à chlorite et muscovite de la série de Villefranche, sont imprégnés par une *aplite* blanc-jaunâtre, qui s'insinue en couches épaisses entre les lits plissotés de la trame. Celle-ci se montre en lame mince totalement recristallisée et composée presque uniquement de *muscovite* et de *biotite*, avec un peu de *chlorite* et quelques cristaux d'*apatite* ; la partie aplitique ne contient pratiquement que du *quartz* et de l'*orthose* en grains très fins un peu engrenés (Pl. XXXI, fig. 4). Malgré sa position géographique au voisinage immédiat du contact du batholite granitique de Villefranche, cette roche ne peut être considérée comme en relation génétique avec ce dernier ; des agmatites existent bien dans l'auréole du granite [Collob, 1952 a], mais sont totalement différentes des migmatites aplitiques décrites ci-dessus. Il ne peut s'agir non plus d'un épisode de la phase ruthène : outre que les migmatites sont bien différentes des embréchites du massif de Rodez par exemple, elles

n'ont subi aucune trace de rétromorphose après leur formation. Bien au contraire *l'aplite a envahi la roche résultant de la rétromorphose*, provoquant la recristallisation des micas, peu marquée d'ailleurs en certains points où le caractère initial de la trame reste parfaitement reconnaissable : ces migmatites se sont mises en place vers la fin de la phase du Bas-Rouergue *à la base de la zone des Micaschistes supérieurs* de cette phase.

Les *gneiss œillés*, qui affleurent au S de Najac près de Mergieux, sont aussi probablement à rapporter à cet épisode de migmatisation ; ils ne sont pas dus, comme le pensait J. Durand [1939], au contact du massif contigu de roches vertes. Des yeux de 1 à 2 cm de long, amygdaloïdes, composés d'un gros cristal de *microlite perthitique* accompagné aux extrémités de l'amande d'un agrégat de petits grains de quartz avec un peu de microlite, écartent les lits d'une trame de couleur sombre se révélant, au microscope, à peu près identique aux gneiss fins partiellement rétromorphosés connus au voisinage. Ici, les yeux, de même que l'aplite ci-dessus, se présentent bien comme des éléments tardifs de la roche.

Problèmes tectoniques et stratigraphiques.

1. LES DIRECTIONS STRUCTURALES. — Dans une note récente [1954], j'ai indiqué la répartition et les caractères principaux des linéations observables dans le Rouergue. De nombreuses mesures ultérieures m'ont permis de confirmer ces conclusions pour l'ensemble du pays. Cinq directions principales d'âges différents, définissent un réseau de phases microtectoniques et tectoniques superposées. Les trois plus récentes sont de caractère essentiellement cassant, correspondant à la faille de Villefranche, au sillon houiller et aux failles tardives du Détroit de Rodez ; elles se traduisent, en dehors des linéations, par des zones d'écrasement, et déterminent des blocs qui ont plus ou moins joué les uns par rapport aux autres.

Les deux linéations les plus anciennes se rencontrent, sensiblement constantes en direction, à l'intérieur de vastes domaines géographiques. L'aire de répartition de celle de direction N 15° W coïncide à très peu près avec celle où se fait sentir la deuxième phase du métamorphisme ; les recristallisations dues à cette phase sont orientées suivant cette direction. Nous pouvons donc associer la linéation de direction N 15° W à la phase du Bas-Rouergue.

De la même façon, nous associerons à la phase ruthène la linéation de direction N 75° W, développée surtout dans le centre et l'E du Rouergue, où elle oriente les recristallisations et les axes des plis des zones de métamorphisme ruthènes. Elle subsiste sou-

vent à l'état de relique dans le Bas-Rouergue, oblitérée à des degrés variables par les quatre plus récentes.

Vers l'E, en même temps que disparaissent les recrystallisations dues à la phase du Bas-Rouergue, la linéation correspondante cesse d'être visible. Cependant elle se retrouve, peu nette, dans la région de Cassagnes-Bégonhès, associé à un début de rétomorphose déjà signalé par H. von Gaertner et F. Angel [1937]. Au S de Réquista par contre, elle est particulièrement marquée dans les schistes sériciteux de la vallée du Tarn, qui ne paraissent pas, d'autre part, avoir subi la phase ruthène. Ceci tend à confirmer l'hypothèse avancée par J. Durand [1937] d'un âge différent du métamorphisme dans l'Albigeois et le massif de Rodez.

Les directions structurales, propres aux deux phases tectoniques associées aux phases de métamorphisme que nous venons de décrire, font donc entre elles un angle de 60° en moyenne. La discordance angulaire entre les contours d'isométamorphisme des deux phases est très nettement visible dans mes levés détaillés de terrain en certains points, par exemple aux flancs des gorges de l'Aveyron, au NW de Moyrazès, où la surface limite de la rétomorphose croise le front des migmatites du massif de Rodez ¹.

2. CARACTÈRES DE LA SÉRIE SÉDIMENTAIRE MÉTAMORPHISÉE. —

Les « gneiss fins » dérivent selon toute vraisemblance de sédiments à caractère détritique, grès à tendance psammitique probablement. Ce faciès, et le type migmatique qui en dérive, occupent pratiquement toute l'épaisseur de la formation dans l'E du Rouergue, à l'exception du massif du Lèvezou. Lorsqu'on s'éloigne de ce dernier, les intercalations schisteuses deviennent de plus en plus fréquentes, les gneiss fins disparaissent à peu près au S de la Selve et à l'W de Belcastel, et il faut aller jusqu'aux environs de Najac pour les retrouver, plus ou moins modifiés par la rétomorphose. Les faciès schisteux de la partie centrale et méridionale du pays peuvent, soit constituer un niveau stratigraphique différent des gneiss fins, soit leur correspondre latéralement, au même niveau. La tectonique est trop complexe pour qu'on puisse en décider.

Les bancs d'amphibolites sont fréquents dans l'W (de Villefranche à Laguëpie) et dans l'E (Palanges, bordure du Lèvezou) du Rouergue. Ils semblent occuper dans la série un niveau inférieur, mais non tout à fait la base. Leur voisinage au SE de Villefranche avec des bancs de leptynites et des bancs graphiteux [Collomb, 1950 b ; 1952 a] représentant peut-être d'anciens phtanites inciterait volontiers à établir un parallèle avec les séries connues dans le Briovérien de Vendée [Mathieu, 1937], ou encore en

1. Ce front des migmatites ruthènes est d'ailleurs, là, faiblement discordant sur la stratification, indiquée en particulier par les alternances de gneiss fins de micaschistes francs.

Bretagne dans l'anticlinal de Cornouaille [Cogné, 1953] ; une telle corrélation, que je proposais en 1952, a d'ailleurs été reprise tout récemment par J. Jung [1954], qui admet aussi l'âge cambro-silurien possible du sommet de la série métamorphisée.

3. LE PROBLÈME DU LÈVEZOU. — Les migmatites du Lèvezou montrent un faciès très différent de celles du massif de Rodez ; le type moyen est une roche largement cristallisée, très riche en biotite et fréquemment amphibolique à gros yeux de microcline perthitique maclé Carlsbad. Sur le terrain, ce type apparaît comme assez fugace, passant constamment d'une part à un granite d'anatexie largement porphyroïde, d'autre part à des anatexites où la trame semble diffuser en traînées sombres dans un frond granitique à grain très fin. On y rencontre encore quelques intercalations basiques, amphibolites et parfois biotitites ; mais le mode de gisement de ces roches suggère plutôt une origine par concentration locale des éléments ferro-magnésiens [Collomb, 1952 b]. Il n'est pas possible d'affirmer que ces roches ont été en continuité stratigraphique avec les séries environnantes ; bien plus, l'examen microscopique suggère qu'en certains points *la trame de la migmatite était probablement déjà un gneiss œillé*. D'autre part, les caractères tectoniques du massif sont tout à fait particuliers. Si l'on considère par exemple la disposition concentrique très régulière des formations qui l'entourent, on ne peut manquer d'être frappé de la ressemblance entre cet ensemble et les nombreuses structures analogues décrites par P. Eskola [1948] dans le monde entier, sous le nom de « mantled gneiss domes ». La nature détritique des sédiments de la couverture (gneiss fins) confirmerait une telle interprétation du Lèvezou comme *dôme d'imbibition*. Il faudrait alors voir là la réapparition du socle ancien, probablement anté-cambrien, sous la série infracambrienne qui le recouvre, à la faveur d'un bombement local dû probablement à la migmatisation de la phase ruthène ¹.

Conclusions.

Nous sommes maintenant en mesure d'esquisser les traits principaux de l'histoire géologique du Rouergue.

Au cours de la phase ruthène, la série sédimentaire, depuis

1. La reprise du faciès de gneiss fins au voisinage des roches vertes (très analogues à celles de la bordure du Lèvezou) et des orthogneiss de Najac [Collomb, 1950a] permet d'imaginer là l'amorce d'un dôme semblable, affecté par la rétro-morphose, qui se développait à l'W de la faille de Villefranche sous la couverture sédimentaire..

l'Infracambrien recouvrant un socle antécambrien hautement métamorphique jusque peut-être au Silurien, subit une ectinisation, puis des migmatites se mettent en place à la base de la zone des Micaschistes inférieurs : leur front est légèrement discordant sur la stratification.

Une phase de plissement d'axe N 75° W débute sans doute vers la fin de la migmatisation, avec intrusion de granites syncinématiques dans la partie sud du Rouergue. Le bombement en dôme du Lèvezou se produit probablement simultanément, en conséquence de l'imbibition migmatique, et écrase les plis sur ses bordures nord et sud.

Par la suite, au cours de la phase du Bas-Rouergue, la partie occidentale du pays subit une nouvelle ectinisation, surtout sensible par les phénomènes de rétromorphose que subissent dans son épizone les micaschistes inférieurs et les migmatites de la phase précédente, mais dont la zone à biotite est aussi connue en quelques points. Puis des migmatites se mettent en place à la base de la nouvelle zone des Micaschistes supérieurs.

L'ensemble est affecté de plissements d'axe N 15° W, qui prennent en écharpe les structures anciennes, coupées sous un angle de 60°.

La forte valeur de cet angle fait qu'il paraît difficile d'inclure dans une même période orogénique les deux phases tectoniques terminant les phases de métamorphisme que nous venons de définir. Cependant il est encore impossible de préciser leur âge respectif ; on peut seulement dire qu'elles sont toutes deux probablement postcambriennes et certainement antérieures à la mise en place du granite de Villefranche dont tout ce que nous savons est qu'il est antéhouiller.

Après ce dernier événement, le Rouergue cristallin quitte définitivement le domaine profond, comme le prouve le caractère essentiellement cassant des déformations qui l'affecteront par la suite jusqu'au Tertiaire.

BIBLIOGRAPHIE

- BEARTH P. (1952). — Geologie und Petrographie des Monte Rosa. *Mat. Carte géol. Suisse*, nouv. sér., n° 96.
- BERGERON J. (1889). — Étude géologique du massif ancien situé au S du Massif Central. Thèse, Paris.
- BERGERON J. et DEREIMS A. (1910). — Carte géologique détaillée de la France au 80 000^e. Feuille de Rodez (terrains cristallins), 1^{re} éd., Serv. Carte géol. Fr.

- BLAVIER (1806). — Statistique géologique et minéralogique du département de l'Aveyron. *Journ. Mines*, p. 19 et 20.
- BOISSE A. (1842 a). — Considérations préliminaires sur l'étude géologique de l'Aveyron. *Mém. Soc. Let., Sc. et Arts Aveyron*, t. IV.
- (1842 b). — Tableau des roches qui constituent le sol de l'Aveyron. *Ibid.*, t. IV.
- (1858). — Carte géologique au 200.000^e du département de l'Aveyron. Paris, Impr. nat.
- (1870). — Esquisse géologique et géographique du département de l'Aveyron. Paris, Impr. nat.
- COGNÉ J. (1953). — Schistes cristallins et granites en Bretagne méridionale : l'anticlinal de Cornouaille. *B. S. G. F.*, (6), III, p. 785-806.
- COLLOMB P. (1950 a). — Les terrains cristallophylliens de la région de Najac (Aveyron). *C. R. somm. S. G. F.*, p. 64.
- (1950 b). — Sur la présence d'intercalations de quartzites carbonés peu métamorphiques dans les gneiss du Rouergue occidental. *Ibid.*, p. 283.
- (1952 a). — Quelques observations pétrographiques sur le NW du massif de Lèvezou (Aveyron). *B. S. G. F.*, (6), II, p. 297-300.
- (1952 b). — Caractères principaux des terrains cristallophylliens du Rouergue occidental. *C. R. Ac. Sc.*, t. 234, p. 2630.
- (1954). — Linéation et tectonique en réseau dans le Rouergue (note préliminaire). *C. R. somm. S. G. F.*, p. 70.
- DEMAY A. (1931). — Sur les conditions de l'orogénèse et du métamorphisme hercyniens dans la bordure méridionale du massif de Rodez. *C. R. Ac. Sc.*, t. 193, p. 1098.
- (1935). — Sur les relations des schistes sériciteux des Cévennes méridionales et du Rouergue et du massif granito-gneissique du Segala et du Lèvezou. *B. S. G. F.*, (5), V, p. 3-18.
- (1937). — Quelques remarques sur les gneiss d'injection des Cévennes septentrionales, du Forez, du Rouergue et du Cantal. *Ibid.*, (5), VII, p. 365-375.
- (1942). — Microtectonique et tectonique profonde. Cristallisations et injections magmatiques syntectoniques. *Mém. Expl. Carte géol. France*.
- DULAC (1830). — Sur la nature du sol, les produits et la culture de l'arrondissement de Villefranche. *Propagateur aveyronnais*, t. IV.
- DURAND J. (1932). — Révision de la feuille de Rodez au 80 000^e. *Bull. Serv. Carte géol. France*, t. XXXVI, p. 163-177.
- (1937). — Sur la structure du pays cristallin du Rouergue et de l'Albigeois. *C. R. Ac. Sc.*, t. 205, p. 160.
- (1938). — Carte géologique détaillée de la France au 80 000^e, feuille de Rodez (2^e éd.). Paris. Serv. Carte géol. France.
- (1939). — Granites, gneiss et micaschistes du Rouergue. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 71.
- DUVAL (1841). — Aperçu géologique du département de l'Aveyron. *Annuaire Dép. Aveyron*, p. 69.
- ESKOLA P. E. (1948). — The problem of mantled gneiss domes. *Quart. Journ. geol. Soc. London*, p. 461-476.
- FOURNIER E. (1909). — Carte géologique détaillée de la France au 80 000^e, feuille de Séverac (moitié W). Paris, Serv. Carte géol. France.
- GAERTNER H. R. Von et ANGEL F. (1937). — Montagne Noire und Massif

- von Mouthoumet als Teile des Sudwesteuropäischen Variszikums. *Beitr. geol. West. Mediter., Abh. Ges. Wiss. Gottingen*, Bd III, H. 17.
- GLANGEAUD L. (1938). — Observation à une communication de MM. Jung, Raguin et Roques. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 352.
- JUNG J. (1954). — Problèmes géologiques dans les vieux terrains du Massif Central français. *Ann. Hébert et Haug*, t. VIII, p. 245-258.
- JUNG J. et ROQUES M. (1952). — Introduction à l'étude zonéographique des formations cristallophylliennes. *Bull. Serv. Carte géol. France*, t. L, p. 1-62.
- LACROIX A. (1917). — Sur la transformation de quelques roches éruptives basiques en amphibolites. *C. R. Ac. Sc.*, t. 164, p. 969.
- MATHIEU G. (1937). — Recherches géologiques sur les terrains paléozoïques de la région vendéenne. Thèse Univ. Lille.
- MICHEL R. (1952). — Résultats de l'étude pétrographique et zonéographique des schistes cristallins des massifs du Grand Paradis et de Sesia Lanzo (Alpes franco-italiennes). *Trav. Lav. Géol. Univ. Grenoble*, t. XXX, p. 150 à 165.
- REYNES P. (1868). — Essai de géologie et de paléontologie aveyronnaises. Paris, Baillière.
- ROQUES M. (1941). — Les Schistes cristallins de la partie sud-ouest du Massif Central français. *Mém. Expl. Carte géol. France*.
- SERRES M. DE (1844). — Notice géologique sur le département de l'Aveyron. *Mém. Ac. roy. Bruxelles*, t. XVIII.
- VIGARIE E. (1927). — Esquisse générale du département de l'Aveyron. Rodez, Carrère.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XXXI

- FIG. 1. — Gneiss fin des Palanges. Route de Laissac à Ségur. Remarquer les plagioclases, qui apparaissent comme de petits nuages pointillés, fréquemment au voisinage des micas. LN. $\times 38$.
- FIG. 2. — Migmatite rétrotransformée dans la zone à biotite. Carrière au NE de Sauverterre-d'Aveyron. Grandes biotites un peu poecililitiques, dans un fond laminé quartzofeldspathique. On aperçoit vers le haut, à droite, un œil clastique de microcline, et, sur la gauche, une amande clastique polycristalline. LP. $\times 38$.
- FIG. 3. — Micaschistes à biotite de la phase du Bas-Rouergue. Carrière au N du pont de Tanus. La biotite de néoformation est logée dans les intervalles entre les grandes lames de muscovite. Celles-ci dessinent des microplis bien visibles, partiellement articulés. Vers le haut, une bande quartzreuse à grain fin. LN. $\times 38$.
- FIG. 4. — Migmatite aplitique de la phase du Bas-Rouergue. Morlhon-le-Vieux. Dans la bande micacée, totalement recrystallisée, on devine encore (notamment vers le haut) la trace de microplis. Les coins supérieurs gauche et inférieur droit de la microphotographie sont occupés par l'aplite, dans laquelle les limites entre les grains de quartz et d'orthose sont souvent bien visibles. LN. $\times 38$.
-

SCHISTES CRISTALLINS ET GRANITES EN BRETAGNE MÉRIDIONALE.

A PROPOS DES « HÄLLEFLINTS »

PAR **Jean Cogné** ¹.

PLANCHE XXXII.

Sommaire. — Les roches connues et cartographiées comme « hälleflints » en Bretagne méridionale sont en réalité des mylonites d'un matériel surtout granitique. Leur présence, au sein de la longue bande de granulites syncinématiques, traduit dans cette région un accident tectonique important jusqu'ici sous-estimé.

Décrivant antérieurement les formations cristallophylliennes de la bordure méridionale de la Bretagne [Cogné, 1953], nous avons montré comment elles résultaient d'une histoire métamorphique et tectonique complexe s'achevant par la formation de plis, le plus important étant l'anticlinal de Cornouaille dont l'axe migmatitique se suit depuis la baie d'Audierne jusqu'à la Loire.

A. Granulites syncinématiques.

Recoupant largement le flanc nord de cet anticlinal, une bande granulitique étroite est apparue ensuite, s'étendant de la pointe du Raz à la région nantaise sur une longueur de près de 250 km. Sa mise en place syntectonique des mouvements hercyniens est bien connue depuis les travaux de Ch. Barrois [1930].

La bordure méridionale de cette bande granulitique est très régulière et continue (sauf au SW de Quimper dans la région de Plogastel-Saint-Germain), et parfois bien rectiligne sur plusieurs dizaines de kilomètres. Elle recoupe alors les schistes cristallins de façon nette, indépendamment de leur orientation propre et sans y apporter de modifications. Par contre, la bordure septentrionale est comparativement très irrégulière, envoyant de nombreuses digitations dans les schistes cristallins, ou passant vers le NE à des massifs elliptiques assez vastes. On note alors en outre

1. Note présentée à la séance du 13 décembre 1954.

d'assez nombreux filons aplitiques et pegmatitiques et un métamorphisme de contact souvent étendu qui atteint les formations cambro-siluriennes (massifs de Questembert, Allaire, Saint-Jean-Brévelay, etc...).

Fines et orientées dans leur partie méridionale, ces granulites prennent dans leur partie septentrionale un grain plus gros, devenant massives et même porphyroïdes dans certaines de leurs digitations. Cette différence de grain et de structure traduit des conditions de mise en place différentes du S au N : le faciès méridional fin et orienté s'est formé, comme nous le verrons plus loin, dans une zone d'étirement tectonique, alors que le faciès à grain fort et massif est apparu en dehors de cette zone plus au N. Sauf suivant certaines bandes de puissance relativement limitées, ces granulites n'offrent pas dans leur ensemble de faciès franchement cataclastiques. La structure orientée résulte essentiellement d'une tension supportée par la roche pendant sa formation et, à l'œil nu, comme au microscope, cette orientation apparaît syncristalline. Enfin, dernière remarque dans cette rapide description, les granulites massives et tranquilles sont plus proches des véritables granulites à quartz automorphe ou globuleux et à deux micas telles qu'on les conçoit généralement dans la nomenclature française, que les faciès fins et orientés dans lesquels le quartz est toujours intriqué en jeu de patience et la présence de la muscovite très irrégulière, ce mica pouvant même être totalement absent et la biotite seule représentée.

De nombreuses enclaves de forme très allongée se notent dans ces granulites : vastes septa étroits de micaschistes (Pont-Croix, N de Quimper, Bannalec, Plouay, Saint-Nolf...), ou de migmatites (Plouay, Guilligomarch, Pluvigner), ou même de granite d'anatexie (S de Plumergat, N de Plescop, NE de Theix) montrant dans leur disposition relative l'ancienne disposition des séries cristallophylliennes du flanc nord de l'anticlinal de Cornouaille : disposition tout à fait normale, puisque le granite d'anatexie est suivi vers le N par des migmatites, puis des ectinites, à l'inverse du flanc sud qui seul reste bien conservé à l'E du Finistère (fig. 1).

C'est dans cet ensemble de granulites orientées syntectoniques et de faciès cristallophylliens enclavés qu'apparaissent des bandes étroites et continues d'une roche particulière, considérée depuis longtemps comme dérivant d'un complexe éruptif rhyolitique et tuffacé plus ou moins écrasé, et dénommée « hälleflint » par Ch. Barrois qui l'a rapprochée [1886] des old rhyolites précambriennes du Pays de Galle. A la suite de Rivière [1838], de Fourcy [1844] et Durocher [1846] il l'a considérée, soit comme le produit du métamorphisme sur des sédiments d'origine éruptive, soit plutôt comme un porphyre quartzifère [Barrois, 1885, 1886, 1890]. Seul avis discordant, Paillette [1836] voyait dans ces roches une modification particulière à partir des granulites, et Barrois [1886], dont l'opinion restait toujours très nuancée,

reconnaissait à ce sujet que « la composition microscopique de cette roche la distingue nettement des porphyres, pour la rapprocher des roches granulitiques ». C'est cependant cette opinion d'une origine éruptive rhyolitique qui a prévalu depuis, et, l'admettant, P. R. Giot [1948], P. R. Giot et nous-même [1948], et G. Mathieu [1950] avons pensé pouvoir leur assigner, les premiers, un âge carbonifère joint à une disposition dans un

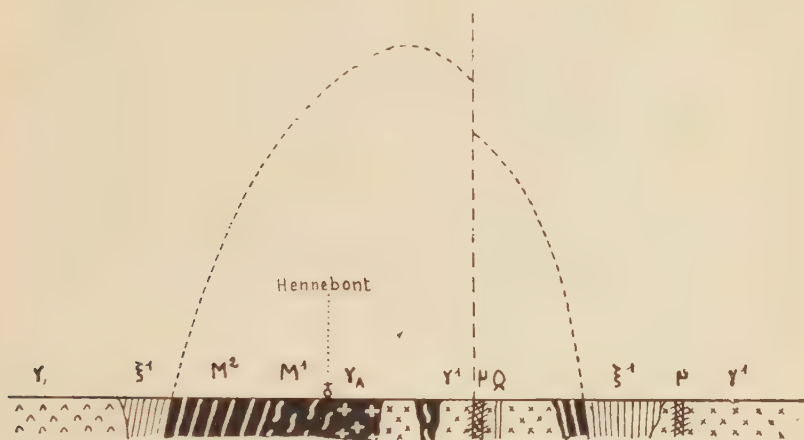


FIG. 1. — Coupe schématique N-S à travers l'anticlinal de Cornouaille dans la région d'Hennebont.

ξ¹ : micaschistes inférieurs ; M² : embréchites ; M¹ : anatexites ; γ_A : granite d'anatexie ; γ¹ : granulites ; μ : mylonites ; Q : filon de quartz ; γ : granite.

fond synclinal, le dernier, un âge silurien dans le Morbihan en les parallélisant avec les rhyolites siluriennes de la région de Cholet (ce qui entraînait pour l'auteur, l'âge silurien des séries métamorphisées de cette région).

L'étude que nous avons poursuivie de ces roches nous a amené depuis à réviser cette interprétation. Ce ne sont ni des sédiments tuffacés métamorphiques, ni des rhyolites, mais exclusivement des mylonites souvent très fines (au point de prendre les faciès « cornés » ou « pétrosiliceux » qui y ont été décrits), essentiellement des mylonites de granulites, mais aussi de migmatites ou d'ectinites. Ainsi trouvons-nous dans la zone granulitique syncinématique de la Bretagne méridionale toute une bande d'intense laminage, très allongée mais large tout au plus de quelques dizaines de mètres dans certains secteurs, témoin d'un accident tectonique important dans la structure de cette région.

B. Mylonites (ex-hälleflints).

Il ne nous est évidemment pas possible de reprendre ici toutes nos observations. Nous résumerons donc en prenant quelques points caractéristiques.

1. RÉPARTITION. — Les roches cartographiées comme hälleflints sur les feuilles géologiques au 80 000^e et 320 000^e s'étendent depuis la baie des Trépassés jusqu'à l'E de Vannes suivant deux bandes principales, très proches l'une de l'autre et souvent confondues entre la baie des Trépassés et Quimper, se séparant nettement au-delà, l'une suivant un alignement Quimper-Baud, l'autre, plus méridionale, allant du S de Bannalec à la région de Lauzach (18 km à l'E de Vannes) en passant par Tréméven, Calan, Languidic... Cette dernière, figurée de façon très continue et rectiligne, est accompagnée tout au long par un important filon de quartz, lequel se poursuit au-delà, bordant ensuite le « Sillon de Bretagne ».

Situées le plus souvent dans ou en bordure des granulites, ces bandes passent fréquemment dans les schistes cristallins, ou bien traversent leurs enclaves dans la granulite (migmatites au NW de Pluvigner, ectinites de la région de Lauzach, par exemple).

2. FACIÈS PRINCIPAUX. — Ce sont des roches hétérogènes dont le type le plus classique est celui connu sous le nom de « Roche de la Promenade de Quimper » (Mont Frugy). Roche claire, à « pâte » fine, sans schistosité ni orientation bien définie, si ce n'est celle des nombreux plans de faille et de cassure. Dans cette pâte fine on observe normalement de nombreux, mais souvent très petits éléments concassés de quartz, feldspaths et micas, pouvant localement devenir assez abondants pour donner à la roche un aspect tout à fait semblable à celui d'un granite écrasé classique.

C'est sous cet aspect que les mylonites se présentent en général entre la baie des Trépassés et Quimper, de même qu'au-delà dans la bande septentrionale.

Dans la bande méridionale, entre Bannalec et le Blavet, la roche est sans hésitation possible la granulite écrasée (Calan) restant bien reconnaissable avec ses éléments étirés et fracturés. Au-delà du Blavet, le faciès devient extrêmement fin, du fait d'un écrasement plus intense. De bons exemples peuvent être observés en particulier au N de Pluvigner et surtout au NE de

Theix où elle fait l'objet d'une active exploitation pour l'empierrement (carrière de Kerandrun). La roche, prend parfois un aspect fluidal et rubané souvent perturbé par des micro-plissements très serrés. Ces faciès très fins conduisaient tout naturellement à interpréter ces roches comme des rhyolites, roches de coulées, dont elles avaient en somme tout à fait l'aspect extérieur.

3. CONDITIONS DE GISEMENT. — Elles ne sont pas toujours aisément visibles : pointements isolés et discontinus rendent souvent difficiles l'étude des relations de ces roches avec les séries qui les contiennent. Pourtant en plusieurs points il nous a été possible de suivre très en détail des affleurements continus (Pointe du Raz-Baie des Trépassés, S de Gourlizon, rive gauche du Blavet etc...).

Nous ne pouvons citer toutes les observations faites à ce sujet. Toutes cependant convergent pour montrer que ces bandes de roches très fines résultent d'un écrasement intense survenu dans les roches qui les encadrent et qui montrent à leur approche une cataclase de plus en plus marquée. Quelques caractères communs sont par ailleurs à noter : l'épaisseur de la zone mylonitique varie de 10 à 50 m en moyenne, celle de la zone cataclastique atteint 100 à 200 m au S, parfois plus, alors qu'au N elle paraît plus réduite. Tout cet ensemble est toujours subvertical, avec plans de failles et de frictions principaux orientés WNW-ESE montrant d'importantes stries de glissement subhorizontales ou peu inclinées, le tout recoupé par d'innombrables petites failles et cassures transversales. Ces mêmes phénomènes peuvent se répéter deux ou trois fois suivant des bandes parallèles plus ou moins rapprochées, donnant à l'ensemble une importance parfois fort grande (W de Quimper).

4. CARACTÈRES MICROGRAPHIQUES. — Tous les stades de transformations se présentant depuis la granulite normale jusqu'à la mylonite ultra-fine, nous nous contenterons de présenter quelques types essentiels représentés par ailleurs sur la planche photographique (Pl. XXXII).

Le faciès moyen, celui de la « Roche de la Promenade de Quimper », a été parfaitement décrit par Barrois [1886] : « Au microscope, cette roche se montre formée de petits grains altérés d'orthose, de microcline, de petits cristaux cassés, émoussés d'oligoclase, et de quartz granulitique en grains irréguliers formant la pâte presque en totalité ; le mica blanc y est en outre très abondant en cristaux, ou en membranes continues, lui donnant une texture feuilletée, ondulée, caractéristique, rappelant parfois en lames minces la structure fluidale. La composition microscopique de cette roche la distingue nettement

des porphyres, pour la rapprocher des roches granulitiques. » Un seul point dans cette description que nous n'avons jamais pu observer : la présence du quartz granulitique. Il est toujours écrasé ou recristallisé en jeu de patience.

La nature originelle granulitique de la roche est ici bien reconnaissable, et c'est le cas le plus fréquent. Par broyage plus intense on passe à une structure plus fine dans laquelle s'observe un fond quartzo-sériciteux semblant prendre parfois une allure fluïdale pour contourner des amandes feldspathiques ou quartzieuses mieux conservées.

A l'extrême, on observe uniquement un mélange ultra-fin, parfois presque isotrope, quartzo-sériciteux, dans lequel se notent tout de même d'abondants petits éclats de quartz et de feldspaths à extinction onduleuse : ce sont les faciès dits « pétrosiliceux » du Morbihan. Il est évident que considérées isolément de telles roches, même examinées au microscope, pourraient facilement être prises pour des rhyolites écrasées : il faut avoir vu tous les passages depuis la roche normale jusqu'à la mylonite ultra-fine, pour finalement se rendre compte de la vraie nature de ces roches.

C. Conclusions.

Ainsi l'ensemble des roches cartographiées sous la dénomination de « hälleflints » en Bretagne méridionale sont elles en réalité des mylonites souvent très fines résultant essentiellement de l'écrasement intense des granulites syncinématiques et des enclaves cristallophyliennes qu'elles ont conservées.

Une importante objection pouvait déjà être faite à la notion « hälleflint ». De telles roches, que ce soient des coulées rhyolitiques ou des sédiments d'origine éruptive, devaient bien évidemment être contemporaines des sédiments supposés les contenir et maintenant intensément métamorphiques. Incluses dans de telles séries métamorphiques et dans les granulites, leur structure originelle aurait dû disparaître au profit de leptynites. Au minimum auraient-elles dû présenter des recristallisations métamorphiques. Au contraire, la seule transformation que l'on y observe est de nature régressive, avec disparition graduelle de résidus cataclastiques au profit d'une « pâte » de plus en plus fine. Ce processus de transformation, qui, par une convergence évidemment curieuse, aboutit à donner à ces roches un aspect externe « rhyolitique », est normal dans la mylonitisation qui s'est produite bien évidemment après la mise en place des granulites syncinématiques.

D'ailleurs l'intensité de la mylonitisation elle-même n'est pas

inusitée : de semblables mylonites ont été décrites ailleurs, dans le Massif Central par exemple [Raguin, 1927 ; Demay, 1942]¹. Mais il faut reconnaître qu'elle prend ici un développement assez remarquable.

Replaçant ces observations dans le cadre de la géologie sud-armoricaine, on ne peut manquer de rapprocher ces mylonites qui, de la pointe extrême du sud-Finistère à la Vilaine, traduisent une zone d'intense laminage, de celles qui de la Vilaine à la Loire jalonnent l'actuel « Sillon de Bretagne ». Ces dernières sont identiques et passent dans les migmatites aux approches de la Loire (Saint-Herblain) après avoir longé les granulites syncinématiques. Elles se continuent en Vendée, dans les migmatites d'abord, dans les schistes ensuite, jusque dans la région de La Guyonnière. Cette zone mylonitique longue ainsi de plus de 300 km est accompagnée par un important filon de quartz presque continu depuis le Finistère jusqu'à la Vendée, tantôt au N, tantôt au S des mylonites, les recoupant localement. Sa mise en place nettement postérieure à la formation de ces dernières pourrait même être beaucoup plus récente. Vu ses caractères, on peut penser en effet qu'il est apparu lors des rejeux tertiaires qui ont abouti à la formation du Sillon de Bretagne et des failles tertiaires de Vendée qui le prolongent et sont elles-mêmes souvent minéralisées en quartz [Mathieu, 1937].

Nous avons dit précédemment la position des granulites syncinématiques au flanc nord de l'anticlinal de Cornouaille. Indépendantes des orientations de détail propres aux schistes cristallins, elles sont montées après la phase (hercynienne) responsable des plissements de ceux-ci, suivant une zone d'étirement presque rectiligne. Cette dernière a continué de travailler ensuite, provoquant leur écrasement intense suivant une bande étroite mais très allongée. Cet accident atteint également les schistes cristallins situés sur son passage, débordant même largement les granulites vers le SE (Vendée).

La nature et le sens de cet effort tectonique se déduit facilement de l'observation des nombreux plans de frictions subverticaux et des stries de frottement subhorizontales qu'ils supportent : les deux blocs N et S se sont déplacés suivant un mouvement

1. Nous tenons à remercier ici M. le Professeur Pruvost : s'intéressant particulièrement à ce travail, il a bien voulu nous communiquer des échantillons prélevés par lui dans la Creuse (faille de la Marche) : on y observe exactement les mêmes phénomènes mylonitiques (cf. Réunion extraordinaire de la Soc. géol. de France en Auvergne, Bourbonnais et Marche (*C. R. somm. S. G. F.*, 1953, p. 402) où cette mylonite est dite de « teinte claire, de grain très fin, d'aspect rhyolitique ».)

tangentiel horizontal et orienté WNW-ESE. Ceci est bien différent de la manière dont a pu retravailler par la suite cette zone restée faible : les rejeux tertiaires, par exemple, qui dans la région de la Basse-Loire ont donné le Sillon de Bretagne, ont été accompagnés de fractures le plus souvent minéralisées en quartz, et présentant des stries de frottement subverticales ou très obliques, accusant le mouvement relatif des deux blocs dans le sens vertical, lequel se note bien dans la topographie actuelle de cette région.

BIBLIOGRAPHIE

- BARROIS Ch. (1885). — Légende de la feuille de Lorient. Carte géol. au 80 000^e. Paris, Serv. Carte géol. France.
- (1886). — Compte rendu de l'excursion aux environs de Quimper. *B. S. G. F.*, (3), XIV, p. 667-672.
- (1890). — Légende de la feuille de Vannes. *Ann. Soc. géol. Nord*, t. XVII, p. 210-226.
- (1930). — Les grandes lignes de la Bretagne. Livre jubilaire Soc. géol. France, t. I, p. 83-100.
- COGNÉ J. (1953). — Schistes cristallins et granites en Bretagne méridionale : l'anticlinal de Cornouaille. *B. S. G. F.*, (6), III, p. 785-806.
- DEMAX A. (1942). — Microtectonique et tectonique profonde. *Mém. Expl. Carte géol. France*.
- GIOT P. R. (1948). — Essai synthétique sur la géologie de la Cornouaille occidentale (Finistère). *B. S. G. F.*, (5), XVIII, p. 3-14.
- GIOT P. R. et COGNÉ J. (1948). — Le cap Sizun. *Bull. Serv. Carte géol. France*, t. XLVII, n° 225, p. 57-60.
- MATHIEU G. (1937). — Recherches géologiques sur les terrains paléozoïques de la région vendéenne. Thèse, Lille, p. 280-281.
- (1950). — Des relations structurales entre les Mauges et la Gâtine. *Bull. Serv. Carte géol. France*, t. XLVIII, n° 229, p. 20.
- RAGUIN E. (1927). — Au sujet de divers genres de mylonites granitiques, le long des lignes de dislocation du Plateau Central. *Ibid.*, t. XXIX, n° 161.

LÉGENDE DE LA PLANCHE XXXII

Tous les échantillons représentés ici en vues micrographiques ont été prélevés dans les bandes dites « hâlleflints », et sont figurés à la même échelle (grossissement 50). Photos prises en lumière polarisée.

FIG. 1. — Granulite tectonisée (Gourlizon, Finistère).

Dans le coin supérieur droit, un cristal de microline tordu est bordé par un agrégat fin de quartz et feldspath, qui forme par ailleurs des bandes irrégulières séparant les plages de quartz recristallisé.

FIG. 2. — Granulite mylonitique (Gourlizon, Finistère).

Écrasement intense des éléments siliceux se traduisant par des bandes de mouture quartzeuse fine (recristallisation partielle) contournant les feldspaths résiduels. Le feldspath représenté à gauche est un microline brisé dans le sens de la longueur et ressoudé par du quartz. Sur son pourtour il est le lieu d'une « désodification » partielle avec cristallisation d'albite.

FIG. 3. — Mylonite (Quimper, Mont Frugy, Finistère).

Une fine mouture quartzo-feldspathique forme le fond de la roche. Dans celle-ci on note des débris feldspathiques (en haut à gauche) et des plages quartzeuses recristallisées et à nouveau en voie d'écrasement (moitié inférieure du cliché).

FIG. 4. — Mylonite (Pluvigner, Morbihan).

La fine même mouture quartzo-feldspathique se note dans cette roche, mais on ne rencontre plus de débris feldspathiques et quartzeux de grande taille. La mylonitisation plus intense a réduit les feldspaths eux-mêmes en bandes séréciteuses contournées.

UN COMPLÉMENT DES CARTES GÉOLOGIQUES : LES CARTES GÉOMORPHOLOGIQUES

PAR **Jean Tricart** ¹.

Résumé. — Les cartes géomorphologiques détaillées ont pour objet de figurer la nature et l'évolution des formes du relief. Comme telles, elles diffèrent des cartes géologiques, qui portent sur les couches de terrain. Elles sont susceptibles de rendre de grands services dans le domaine des travaux publics et des aménagements régionaux comme le montre l'essai effectué par le Laboratoire de Géographie de l'Université de Strasbourg à propos du delta du Sénégal. En permettant d'arriver à une connaissance plus précise de l'évolution du relief, ces cartes facilitent l'étude des problèmes de sédimentation détritique et de pédogénèse.

L'utilité des cartes géologiques est unanimement reconnue et elles couvrent rapidement le globe. Au contraire, les cartes géomorphologiques détaillées en sont encore à leurs débuts : seule l'Union Soviétique a fait, jusqu'à présent, un effort systématique officiel pour en lever ; la Pologne suit son exemple ; d'autre part, le premier essai qui ait été fait porte sur le delta du Sénégal (A. O. F.), couvert en 1954 par une carte au 50 000^e dressée par le Laboratoire de Géographie de l'Université de Strasbourg sous notre direction. Cette première expérience ayant réussi, semble-t-il, nous voudrions montrer ici la place que peuvent prendre les cartes géomorphologiques dans le groupe des Sciences de la Terre.

A. Objet des cartes géomorphologiques détaillées

La préparation de cartes géomorphologiques est aussi ancienne que l'étude scientifique du relief. Mais le rôle qu'elles ont joué dans le développement de la géomorphologie est très différent de celui des cartes géologiques dans cette discipline. En effet, les progrès de la géologie ont été conditionnés le plus souvent par celui des levés. La carte a précédé la synthèse. En géomorphologie, au contraire, le développement a été essentiellement théorique. Les cartes publiées dans de nombreux ouvrages, généralement à petite échelle, ont été tirées *a posteriori* de travaux théo-

1. Note présentée à la séance du 20 décembre 1954.

riques afin d'en illustrer les conclusions. C'est que la géomorphologie est restée jusqu'à présent à l'écart des problèmes pratiques.

La conception de la carte géomorphologique détaillée rompt avec cette tradition. Comme dans la cartographie géologique, le travail de lever précède la synthèse théorique et répond à des besoins pratiques. Les caractéristiques géomorphologiques des formes de relief d'une région sont analysées en détail en vue de faciliter l'établissement de projets d'aménagement et de grands travaux de génie civil. Il importe de dégager la courbe d'évolution de chaque forme du relief afin de connaître sa tendance naturelle actuelle à se modifier. De la sorte, il est possible de mettre à profit cette tendance dans les projets d'aménagement lorsque l'évolution se fait dans un sens utile. Conjointement, il est possible de prévoir dans une mesure accrue les modifications que tel ou tel ouvrage apportera à la dynamique naturelle et dont les conséquences peuvent s'avérer nuisibles.

La carte géomorphologique est donc essentiellement dynamique : elle ne décrit pas le relief, ce qui est le rôle de la carte topographique, elle retrace son évolution et dégage le sens de ses modifications actuelles. Elle se fonde sur l'analyse détaillée des processus morphogénétiques et touche ainsi à la géologie dynamique. Ce sont les progrès récents dans ce domaine qui ont permis de concevoir les cartes géomorphologiques détaillées.

Par suite de son objet propre, la carte géomorphologique détaillée doit rassembler et confronter tous les éléments qui permettent de comprendre l'évolution du relief.

a) Une description du relief plus précise que celle de la carte topographique. Dans toutes les régions présentant un relief notable, il est nécessaire de figurer

FIG. 1.

Légende : 1 : sables dunaires ; 2 : sables marins ; 3 : sables fluviatiles ; 4 : limons fluvio-deltaïques ; 5 : faluns ; 6 : vases des slikkes ; 7 : formes de déflation éolienne ; 8 : cuvettes de décantation limono-argileuse ; 9 : levées alluviales ; 10 : berges abruptes sapées.

Les bandes alternées verticales indiquent les superpositions de couches différentes, les symboles précisant l'ordre de superposition. Les mélanges de signes indiquent les mélanges granulométriques : ainsi, signes 3 et 4 : sable limoneux fluvio-deltaïque ; 2 et 5 : sables marins et faluns. Les symboles, remplaçant les couleurs, indiquent l'âge et le faciès des formes : Act. : actuel ; S. Act. : Subactuel (régression post-dunkerquienne) ; Dun. : Dunkerquien ; P. Fl. : Préflandrien ; Ou : Ouljien ; P. Ou. : Préouljien. Le second terme du symbole indique le faciès morphologique : Cu. A. : Cuvette de décantation argilo-limoneuse ; Du : Dune ; Le : Levée ; Li : épandage limoneux ; Sl : Slikke ; T : ancienne plage ou bord de fond de lagune formant terrasse. Les superpositions sont indiquées par une barre oblique / entre les symboles de la couche supérieure (à gauche) et inférieure (à droite). Le signe (a) indique une action anthropique actuelle : ici, remise en marche de dunes anciennes sous l'effet de la culture de l'arachide ou du manioc.

COMMENTAIRE DE LA FIG. 1.

L'extrait de notre carte présenté ici se place à l'ENE de Saint-Louis et montre le confluent des marigots de Djeuss et de Lampsar, au bord du delta du Sénégal. En dehors des formes de déflation anthropiques, tout le relief résulte de phénomènes d'accumulation. De la sorte, la carte géomorphologique ressemble beaucoup à une carte géologique. Sur l'original, l'âge des formes d'accumulation apparaît au premier coup d'œil, figuré à l'aide de couleurs. Les signes montrent les faciès et les unités géomorphologiques.

Cette carte donne une image précise, non seulement de la géomorphologie de la région, mais du milieu de sédimentation actuel.

Au SE, les dunes pré-ouliennes constituent l'armature du modelé. Dans les creux intermédiaires les plus importants, la mer oulienne a pénétré en golfes, construisant sur leurs bords des amas de faluns ou remaniant les sables pré-ouliennes. Maintenant, la partie la plus profonde de ces anciens golfes est envahie par les eaux de crue, qui, sans guère de courant, y décantent les limons et argiles qu'elles tiennent en suspension. Il s'y mêle un peu de sable, remis en marche sous l'influence de l'homme. Les dépressions les plus petites, complètement fermées, sont le lieu d'un très lent colluvionnement limoneux sous l'effet du ruissellement en nappe lors des plus fortes averses d'hivernage.

Dans la moitié NW de l'extrait, les dunes pré-ouliennes sont très réduites : d'étroits chapelets au NE de Béraye subsistent seuls. En effet, elles ont été arrosées lors de la transgression oulienne. Cette surface d'abrasion, terrasse marine, a été ensuite remaniée par le vent lors de la régression préflandrienne et transformée en un massif de dunes, différemment orienté par rapport aux dunes pré-ouliennes. Béraye se trouve sur son bord oriental. A l'W de ce massif dunaire, la surface d'abrasion oulienne apparaît en un mince liseré, recouvert de limon par les crues actuelles. Sur le bord oriental du massif dunaire, une petite plage a été façonnée par la houle de la lagune dunkerquienne qui a envahi la région postérieurement à la mise en place des dunes. D'autres dunes, dunkerquiennes celles-là, apparaissent tout au coin SW de l'extrait.

Entre ces dunes, les dépressions ont connu un régime estuarien, avec formation de slikkes au Dunkerquien et au début de la régression post-dunkerquienne (Sub-actuel); puis, les eaux du Sénégal se sont déversées dans cette direction et le colmatage fluvial a succédé au régime estuarien. Certaines slikkes sont entaillées, sapées par des rives concaves. Mais la principale fraction des alluvions qui servent à édifier les levées est fournie par le sapement du flanc des dunes par certains méandres. Tel est le cas à Béraye et entre Lampsar et Makhana. Comme le sable ainsi pris en charge est trop grossier pour être transporté au loin par le courant très faible (sensible seulement d'ailleurs en crue : en saison sèche, le régime reste estuarien, avec balayage par la marée), il se dépose presque immédiatement en aval, édifiant des levées de rives convexes de méandres. Comme de juste, ces méandres sont beaucoup mieux développés sur le Lampsar où le sapement des dunes est plus important. Les environs de Makhana montrent un important train de méandres, à évolution rapide.

A l'W de Lampsar, un ancien fond de lagune dunkerquienne, elle-même sur l'emplacement du golfe oulien, se trouve isolé du Lampsar par des levées alluviales et fermé du côté de l'W par des bancs de sable légèrement plus élevés que lui. Il est submergé, comme ceux-ci du reste, lors de la crue, et constitue un lieu de décantation argilo-limoneuse particulièrement active, l'arrivée des troubles étant faciles. Il en est de même, plus à l'W, d'un ancien chenal abandonné au milieu des slikkes dunkerquiennes et subactuelles.

De telles cartes géomorphologiques, fondées sur l'étude paléogéographique et sur la dynamique actuelle apportent des données importantes pour les plans d'aménagement. Elles contribuent aussi au progrès de la recherche géologique en précisant certains points de l'évolution de la surface du globe terrestre.

la valeur des pentes avec le plus de détail possible, notamment de faire apparaître de petits replats qui sont estompés dans le figuré en courbes de niveau des cartes topographiques. La raideur des pentes est en effet un des éléments déterminants de l'érosion : elle en commande l'intensité et, souvent aussi, la forme. Les éboulis, par exemple, ne se produisent que sur des pentes supérieures à 30-35°. On portera de même les dépressions karstiques, souvent mal visibles sur les cartes topographiques ordinaires, les grottes, les pertes de rivières, les sources et les suintements. On attachera la plus grande importance au figuré des rivières par suite du rôle qu'elles jouent dans la morphogénèse : on distinguera les talwegs occupés par un écoulement temporaire en fonction de sa fréquence et les rivières permanentes. On notera les types de berges : abruptes, douces, dénudées ou couvertes de végétation. De même, on figurera les secteurs où le lit est rocheux et ceux où il est tapissé d'alluvions en précisant l'allure des bancs et, si possible, leur épaisseur.

b) Une identification génétique de chaque forme de relief, donnant à la fois sa nature et son âge.

La nature des formes de relief est fonction des processus et de la structure. En fonction des processus doivent apparaître les terrasses fluviales, les anciennes plages marines ou lacustres, les gorges fluviales, les moraines terminales ou latérales, les verrous, les cirques glaciaires, les niches de décollement dues aux glissements de terrain, les versants façonnés par la solifluxion ou le ruissellement etc. A cette classification en fonction des processus s'en superpose en partie une autre, fondée sur la structure et qui amène à distinguer par exemple les escarpements de faille, les cuestas, les crêtes, les combes, les monts ou les vaux. Mais ce sont généralement les formes de dissection liées aux processus qui doivent être figurées avec le plus grand soin car ce sont elles qui revêtent la plus grande importance pratique. Lorsque la faille ne joue plus, la dynamique d'un escarpement de faille ne diffère pas fondamentalement de celle d'un talus ordinaire. Par contre, il est essentiel de savoir si un versant est sujet, par exemple, à des glissements ou au ruissellement car ces processus peuvent gravement compromettre l'entretien d'une voie de communication ou d'un canal d'irrigation établi à son pied. Ils peuvent d'ailleurs être ravivés ou accélérés par un ouvrage d'art mal conçu.

L'âge des formes joue également un rôle essentiel. Il importe, en effet, de savoir ce qui évolue actuellement et ce qui est figé. Très souvent, par exemple, l'agriculture utilise des formations meubles qui ne se renouvellent plus et dont la destruction par l'érosion peut revêtir des formes catastrophiques : les sols des plateaux calcaires de Lorraine ont été ameublis par la gélivation quaternaire ; le lavage progressif de leurs particules fines par les eaux de ruissellement les ont suffisamment appauvris par endroits pour qu'ils aient été abandonnés à la friche. Ailleurs, on notera qu'un versant s'est stabilisé dans un équilibre précaire : une tranchée à son pied peut y déclancher une reprise de glissements, la destruction inconsidérée de la couverture végétale peut amorcer son ravinement. La carte géomorphologique se doit de rendre possibles de telles prévisions. Dans d'autre cas, on aura intérêt à utiliser, pour le tracé d'un canal d'irrigation, une série de levées alluviales anciennes, dont le sommet domine de quelques mètres les étendues à irriguer et dont la pente est régulière vers l'aval. Pour chaque forme de relief, il faudra rendre apparents les processus morphogénétiques successifs qui ont contribué à lui donner sa physionomie actuelle et dont les traces sont discernables dans le modelé. Ainsi, si une dune ancienne est maintenant disséquée par des ravins, si une ancienne terrasse fluviale est attaquée par la déflation éolienne, si

une ancienne plage marine a été recouverte de coulées de solifluxion, cela doit apparaître clairement sur la carte. Pour pouvoir agir sur la nature, il importe en effet de distinguer soigneusement ce qui évolue de nos jours et ce qui constitue une relique, une survivance vouée à une destruction plus ou moins rapide.

Mais la détermination de ces éléments géomorphologiques ne peut se faire sans tenir compte de données connexes, dont la plus grande partie est empruntée à la géologie.

B. Cartes géomorphologiques et cartes géologiques.

Les processus morphogénétiques, dont l'étude constitue l'objet principal des cartes géomorphologiques détaillées, sont sous la dépendance des forces externes, plus ou moins dépendantes du climat, et des forces internes telles qu'elles se traduisent dans la structure. La carte géomorphologique doit s'appuyer sur une bonne connaissance géologique du terrain.

La lithologie joue un rôle déterminant. Combinée à la couverture végétale, elle fournit aux processus le milieu dans lequel ils s'exercent. La carte géomorphologique doit nécessairement la figurer. La distinction fondamentale est naturellement celle entre roches cohérentes et roches meubles.

Les *roches cohérentes* doivent être subdivisées en fonction de leur nature et de leur texture, propriétés qui commandent les modalités de leur attaque par l'érosion. On distinguera ainsi les calcaires en gros bancs compacts des calcaires en bancs minces et des marno-calcaires. Dans une région où les phénomènes du froid jouent ou ont joué un rôle important, les calcaires gélifs doivent être différenciés des calcaires non-gélifs. La texture joue un rôle primordial en guidant la fragmentation des roches, premier acte de la morphogénèse. Il importe, en conséquence, d'attacher la plus grande importance à la disposition des diaclases, notamment à leur densité et à leur direction : elles guident souvent certains éléments du réseau hydrographique et jouent un rôle déterminant dans la circulation des eaux souterraines.

Quant aux *roches meubles*, ce sont leurs caractéristiques granulométriques qui importent car elles commandent leur perméabilité comme leur comportement vis-à-vis des processus mécaniques. Il faut donc distinguer les blocs et galets, les sables, les limons, les argiles. Plus que la dimension moyenne des particules, c'est le spectre granulométrique qui compte. Des galets à matrice sableuse ne peuvent être le siège de phénomènes de solifluxion tandis que des blocs emballés dans du limon ou de l'argile peuvent être aisément affectés par eux. La taille des plus gros éléments joue un rôle primordial : lorsqu'ils dépassent la compétence d'un cours d'eau, ils se concentrent à la surface de son lit sous l'effet du lavage des éléments plus fins et le protègent efficacement contre le creusement. De même, sous l'action du vent, ils forment un pavage de déflation.

La disposition des couches est un autre facteur de la morphogénèse. Il intervient d'ailleurs surtout dans les structures caractérisées par une lithologie différenciée, sous la forme de l'alternance de couches meubles et de couches cohérentes ou de couches plus ou moins faciles à fragmenter. Les éléments essentiels de la disposition des couches apparaissent par l'intermédiaire du figuré lithologique. La comparaison avec la carte géologique permet d'obtenir plus de précision en cas de nécessité..

Les déformations tectoniques actuelles seraient un élément du plus haut intérêt pour l'analyse morphogénétique du relief. Malheureusement, chacun sait combien il est difficile de les déceler et les données dont on dispose sont généralement insuffisantes.

La carte géomorphologique fait ainsi appel à un certain nombre de données géologiques mais, par suite de son objet propre, elle effectue nécessairement un choix parmi elles. Beaucoup plus que la stratigraphie, ce sont les faciès qui lui importent. Deux couches marneuses successives, distinguées sur la carte géologique en fonction de leur âge, jouent un rôle géomorphologique identique et sont, de ce fait, confondues sur une carte géomorphologique. Par contre, des lentilles calcaires dans une couche de marnes, ou des bancs de grès dans un étage sableux, sans aucune individualité paléontologique, peuvent jouer un rôle essentiel dans la morphogénèse et doivent être distingués. De même, la disposition des couches est prise en considération par l'intermédiaire de son influence sur l'affleurement des divers faciès et sur la texture des couches. Un banc de calcaire redressé à 25° ne se comporte pas de la même manière vis-à-vis de l'érosion qu'un banc horizontal.

La carte géomorphologique suppose l'établissement préalable d'une carte géologique qui fournit un certain nombre de données de base. Généralement d'ailleurs, celles-ci doivent être complétées par suite des besoins particuliers de l'étude morphogénétique, qui exige surtout une carte lithologique détaillée.

C'est dans le cas des régions d'ablation que les cartes géomorphologiques diffèrent le plus des cartes géologiques. Tandis que ces dernières figurent au premier plan l'âge des couches et secondairement leur nature, la carte géomorphologique figure essentiellement l'âge de leur dissection et les processus qui l'ont effectuée et la poursuivent à l'heure actuelle. L'une donne l'âge des terrains, l'autre celui des formes. Par contre, dans les régions d'accumulation, essentiellement détritiques, la parenté entre les deux types de cartes est beaucoup plus grande. La carte géologique figure l'âge des dépôts et donne généralement des indica-

tions sur leur faciès, c'est-à-dire sur les processus qui les ont édifiés. La carte géomorphologique, en donnant l'âge des formes, fournit celui des dépôts si ces formes n'ont pas été retouchées ultérieurement par l'érosion. Elle comporte également l'indication des processus qui les ont édifiées, c'est-à-dire du faciès des dépôts. Elle y joint des précisions lithologiques, qui sont parfois absentes des cartes géologiques.

En définissant l'évolution du relief, les cartes géomorphologiques apportent un enrichissement à la géologie. Elles permettent de donner des périodes récentes de l'évolution du globe terrestre une histoire plus complète et plus détaillée. Elles comblent un vide dans le groupe des sciences de la nature. En permettant de préciser les conditions dans lesquelles se sont effectués les apports détritiques, elles apportent des données utiles à la sédimentologie. En renseignant sur l'âge des formes et la vitesse de leur évolution, elles aident le pédologue à mieux comprendre la genèse des sols et le botaniste à mieux interpréter les caractères du peuplement végétal.

C. Un exemple : la carte géomorphologique du delta du Sénégal.

La principale difficulté dans l'établissement des cartes géomorphologiques réside dans leur caractère synthétique. Elles ne sont pas simplement descriptives comme les cartes géologiques mais génétiques et doivent confronter des données très variées. L'essai fait à propos du delta du Sénégal nous a obligé d'abord à résoudre un problème cartographique délicat.

a) *Technique de la carte.* Elle a consisté à figurer conjointement 4 séries de faits.

1) Des éléments topographiques destinés à suppléer à l'absence de carte topographique correcte. Des signes conventionnels ont été utilisés à cet effet :

- des barbules indiquent les rives abruptes sapées par le courant des cours d'eau ;
- des traits soulignent les principales levées alluviales ;
- des tiretés concentriques esquissent les cuvettes situées entre les bras du fleuve ;
- les bras formant un réseau fonctionnel sont figurés en bleu tandis que les bras morts désorganisés le sont en violet.

2) Une description sommaire de la lithologie, comprenant un figuré conventionnel en noir. Des systèmes variés de hachures permettent de représenter les roches cohérentes en fonction de leur faciès et de leur texture. Ils sont du type de ceux que l'on utilise couramment sur les coupes géologiques. Les

formations meubles sont figurées au moyen de signes ponctuels, ce qui permet du premier coup d'œil de les distinguer des formations cohérentes. La dimension des signes varie en fonction de la granulométrie. Il est possible de mélanger les signes de dimensions différentes afin de donner une idée du spectre granulométrique.

3) L'indication des processus qui ont façonné le relief.

Afin de diminuer le nombre de signes et de rendre la carte plus lisible, on a combiné le figuré de la granulométrie et celui des processus de dépôt dans le cas des formes d'accumulation. La dimension des signes indiquant la granulométrie, la forme des signes indique le processus de dépôt. C'est ainsi que les triangles figurent les formations marines, les carrés le fluvial, les cercles l'éolien, etc...

Dans le cas des formes d'ablation, le processus est figuré au moyen de tirets dont la forme varie en fonction du processus. Ils peuvent ainsi se combiner aux indications lithologiques. De petites barres horizontales indiquent une abrasion marine, de petits croissants une déflation éolienne, etc...

4) L'âge des formes est représenté au moyen de couleurs, suivant le principe de la carte géologique. Des alternances de bandes de couleurs différentes permettent de représenter les formes polygéniques, équivalent des séries compréhensives. Les signes figurant les processus portés en surcharge sur les teintes plates permettent de montrer la succession de phases morphogénétiques différentes. Par exemple, l'entaille d'une terrasse par des ravins : la teinte plate correspondant à la période d'accumulation de la terrasse recouvre toutes les parties non disséquées de la terrasse tandis qu'un signe conventionnel figurant les ravins est porté avec la teinte correspondant à leur âge sur les parties entaillées de la terrasse. Si on a, au contraire, un remaniement éolien, ce sont les signes propres aux actions éoliennes qui sont portés en surcharge de couleur correspondant à leur âge sur la teinte plate correspondant à l'édification de la terrasse, tandis que les signes ponctuels en noir indiquent le processus de formation de la terrasse par leur forme et la granulométrie de son matériel par leur dimension.

La technique cartographique mise au point pour la rédaction de notre carte géomorphologique serait susceptible d'être adaptée aux cartes géologiques. Elle permettrait d'y faire figurer un nombre accru de données sans les surcharger et sans rendre leur lecture plus difficile. Il nous semble, en particulier, qu'elle pourrait aider à distinguer les couches superficielles minces et les restes remaniés de formations démantelées par l'érosion

b) *Intérêt de la carte.* Il est double, à la fois pratique et scientifique.

La carte a été dressée pour le compte de la Mission d'Aménagement du Sénégal, qui a pour objet une mise en valeur de cette région, actuellement très peu peuplée et occupée à peu près uniquement par des pasteurs. Elle est destinée à aider à la préparation de plans d'irrigation. Du premier coup d'œil apparaissent des régions dont l'aménagement se heurtera à de grosses difficultés et d'autres où il sera plus aisé. Le choix entre les avant-projets

est ainsi facilité. La carte suggère également le choix du tracé des canaux et l'emplacement des futurs casiers rizicoles. En utilisant le microrelief de levées et d'anciens bras, il sera possible d'économiser des sommes considérables sur les terrassements. La carte indique aussi les dangers d'érosion et suggère les précautions qui seront à prendre dans ce domaine. Elle a permis, par ailleurs, de comprendre l'origine du sel, dont l'abondance a empêché jusqu'ici la mise en culture. Le choix de secteurs où son élimination sera assez aisée en est facilité.

Sur le plan purement scientifique, la préparation de la carte géomorphologique du delta du Sénégal nous a permis d'analyser en détail un excellent exemple de sédimentation deltaïque. Il a été possible de reconstituer les phases successives de la mise en place depuis le maximum dunkerquien de la transgression flandrienne. La région n'a pas subi de subsidence appréciable au cours de ce court laps de temps. Et cependant la succession des couches deltaïques est des plus complexes : sables, limons et argiles s'y superposent et passent latéralement les uns aux autres. Un rôle essentiel, dans la mise en place de ces couches, est joué par les ruptures de levées alluviales lors des crues. Dans la partie amont du delta dunkerquien, les levées alluviales étaient épaisses et élevées par suite d'une bonne alimentation en matériel détritique venant de l'amont. Leurs ruptures étaient rares mais importantes et durables. Elles donnaient naissance à des deltas adventices progressant pendant plusieurs années dans les lagunes occupant les cuvettes entre les bras. Ils sont formés de sables limoneux tandis que la sédimentation des cuvettes est argileuse ou limoneuse, avec peu de sable et, parfois, des lits noirâtres riches en matière organique. A l'aval, au contraire, les levées bordant les bras principaux étaient de plus en plus minces et de moins en moins élevées par suite d'une moins bonne alimentation en débris. Les ruptures de levées étaient beaucoup plus fréquentes mais moins importantes : de petites brèches se formaient et se fermaient sans cesse, durant seulement une crue ou deux, peut-être moins parfois. La plus grande partie des cuvettes a été remblayée par des deltas peu épais enchevêtrés les uns dans les autres, caractérisés par un matériel plus fin mais par une disposition extrêmement changeante. A ces mécanismes généraux, propres à tous les deltas, s'ajoutent des particularités résultant du climat à saison sèche très accentuée : certaines cuvettes se desséchant complètement chaque année sont des lieux de concentration du sel. Le vent y exerce une intense déflation et les agrégats de limon cimentés de sel sont emportés. Les plus gros s'accumulent en bourrelets sur

les bords, formant parfois des bouchons dans les bras utilisés seulement à la crue, tandis que les plus fins restent en suspension dans l'atmosphère et saupoudrent toute la région, rendant les sols salés.

De semblables études de géomorphologie dynamique, appuyées sur des levés précis, aideront à mieux comprendre les mécanismes sédimentaires, et, par là, la mise en place des couches anciennes, comme celles de nos bassins houillers par exemple.

BIBLIOGRAPHIE

- DUBOIS J. et TRICART J. (1954). — Esquisse de stratigraphie du Quaternaire du Sénégal et de la Mauritanie du Sud. *C. R. Ac. Sc.*, t. 238, p. 2181-2883.
- JEWTUCHOWICZ S. (1953). — Le problème de la carte géomorphologique en U. R. S. S. *Przegląd Geogr.*, vol. XXV, n° 3, p. 92-99. Trad. du C. E. D. P.
- KLIMASZEWSKI M. (1953). — Le problème de la figuration géomorphologique de la Pologne. *Ibid.*, vol. XXV, n° 3, p. 16-28. Trad. C. E. D. P.
- SPIRIDONOV A. I. (1952). — Cartographie géomorphologique. Moscou, Éd. géographiques d'État, 186 p., 27 cartes et fig. (en russe).
- TRICART J. (1954). — Influence des sols salés sur la déflation éolienne en Basse Mauritanie et dans le delta du Sénégal. *Rev. Géomorph. dyn.*, t. V, p. 124-132.
- (1955). — La sédimentation dans le delta du Sénégal. *IV^e Congr. intern. Sédimentol., Göttingen*, in *Geol. Rundschau*, sous presse.
-

MORPHOTECTONIQUE

DE LA MARGE CONTINENTALE NORD-AFRICAINE

PAR **Jacques Bourcart** ET **Louis Glangeaud** ¹.

I. Introduction. Historique.

La morphotectonique est l'étude des corrélations et interactions existant entre la morphologie et la tectonique ; elle comprend l'examen des formes dues à la tectonique initiale et la détermination de l'influence des déformations tectoniques sur la morphologie. Dans la marge littorale, la morphotectonique est dominée par les problèmes posés par l'existence de la flexure continentale, la nature du socle et l'étude des canyons sous-marins. C'est au *Maroc* que la morphotectonique côtière a donné lieu à un grand nombre de discussions sur les conséquences du jeu de la théorie de la flexure continentale [Bourcart, 1937, 1938, 1952 a et d].

Pour les *côtes algériennes*, plusieurs auteurs ont publié des descriptions géographiques et stratigraphiques [Gautier, 1922 ; de Lamothe, 1938 ; Dresch, 1950 ; Mattauer, 1953 ; Laffitte, 1942 ; Gourinard, 1952] et ont confirmé l'existence des plissements post-asténiens [Glangeaud, 1927] ; mais les relations de la morphologie côtière et surtout sous-marine avec les grands phénomènes tectoniques et géophysiques d'âge plio-quaternaire ont rarement été évoqués [Glangeaud, 1931].

En *Tunisie*, les études de Castany [1949 à 1954] ont fourni un ensemble cohérent et remarquable sur les déformations quaternaires du continent ; mais leurs conséquences sur la morphologie de la côte tunisienne n'ont pu être examinées qu'en partie, faute de données océanographiques.

Un article récent [Glangeaud, 1954] donne un résumé et une bibliographie sur les déformations plio-quaternaires de l'Afrique du Nord. Nous nous limiterons donc aux questions concernant spécialement la morphotectonique de la marge continentale. Même dans ce cas, l'étendue des côtes nord-africaines rend le sujet très vaste. De plus, seules les études de géologie sous-marine pourront le faire évoluer.

1. Note présentée à la séance du 29 novembre 1954.

Les cartes bathymétriques précises ne sont pas entièrement dressées. Pourtant celle de l'Algérie vient de faire l'objet d'une belle carte au 500 000^e, dessinée par M. Rosfelder (1954). Il n'existe, en revanche, à peu près aucune donnée sur la nature géologique du « glaciis » sous-marin nord-africain. Aussi nous bornerons-nous à l'inventaire des faits importants en posant seulement les grands problèmes, en indiquant quelques hypothèses de travail et en définissant les méthodes utilisables. Un premier essai de classification des diverses formes du talus sous-marin est aussi le but essentiel de cette note.

II. Méthodes et classification.

La morphologie littorale ne pose pas les mêmes problèmes suivant qu'on envisage la morphologie et la tectonique à des échelles locales et fines (5^e et 6^e ordre) ou régionales et provinciales (3^e et 4^e ordre). La hiérarchie et la corrélation des phénomènes géologiques qui jouent de façons différentes suivant l'échelle, comme pour les phénomènes tectoniques, ont déjà été discutées [Bourcart, 1949 ; Glangeaud, 1941, 1952 b].

Trois sortes de déformations peuvent être ainsi distinguées : 1) les *plis de couverture* nettement marqués à action locale (5^e et 6^e ordre) ; 2) les *unités tectoniques classiques* (chaînes de synclinaux, anticlinaux, de flexur-horst) (4^e ordre) ; 3) les *déformations de grande dimension*, à rayon d'action intéressant par exemple toute l'Afrique du Nord (3^e ordre).

L'accentuation des flexures marginales limitant le bloc atlasique a pour complément un vaste phénomène de bombement = « soulèvement épirogénique » plio-quadernaire à grande échelle [Glangeaud, 1932-1954]. Si la transgression marine flandrienne avait recouvert le Sud tunisien et le Sud algérien, nous aurions une côte sud-atlasique limitée en partie par une série de flexures, comme l'est actuellement la côte nord-tellienne. Cette comparaison éclaire mieux que tout autre commentaire le rôle des flexures dans la position de la marge littorale. Ce sont les déformations à grand rayon de courbure qui ont joué le plus grand rôle pour fixer les limites de la marge littorale¹, aussi bien en Algérie qu'au Maroc. On doit y ajouter l'intensité et les conditions de la sédimentation locale.

Ces principes étant posés, il y a lieu de situer dans ce cadre

1. Il est entendu que la côte ne coïncide pas toujours avec la flexure, mais tend à s'en rapprocher. La flexure peut être en avant ou en arrière du littoral.

général, un peu schématique, les caractéristiques à l'échelle locale et régionale qui donnent à la côte sa morphologie de détail. Au point de vue tectonique, l'Afrique du Nord est une mosaïque de voussoirs profonds qui ont joué d'une façon relativement indépendante au cours des temps géologiques. On conçoit donc, qu'en plus des accidents longitudinaux E-W qui correspondent aux plis de surface, il y ait, à la limite des voussoirs de la mosaïque, des jeux différentiels, des flexures et des accidents transversaux N-S et NE-SW. Nous renvoyons aux publications antérieures pour définir les éléments longitudinaux et transversaux nord-africains [Glangeaud, 1951 à 1954].

Pour étudier et classer les formes de détail d'une région aussi complexe qui continue encore à se déformer, on doit faire intervenir des disciplines les plus variées (morphologiques, stratigraphiques, tectoniques, géophysiques).

A. MORPHOLOGIE. — L'analyse morphologique de la carte bathymétrique de l'Algérie fournit de nombreux faits.

a) A l'échelle fine, l'existence de *vallées sous-marines* prolongeant les vallées terrestres s'impose dès un premier examen. Ces vallées et leurs crêtes se groupent en unités de 5^e ordre (panneaux) qui correspondent à des *unités transversales* du littoral émergé.

b) A cette classification morphologique hiérarchisée des *unités transversales* s'ajoute celle fournie par les différents profils suivant les lignes de pente des talus sous-marins. Ces profils peuvent être convexes ou concaves. Les parties, où la flexure continentale limite à peu près les déformations, sont *convexes* ; au contraire, elles restent *concaves* au droit des bassins sédimentaires anciens quand ces derniers n'ont pas été incorporés dans le plissement [Bourcart, 1938, 1952].

c) Les *unités longitudinales* n'apparaissent nettement que dans le prolongement des côtes qui les coupent transversalement, ce qui n'est pas le cas pour une partie de l'Algérie. Aussi, il est relativement plus difficile de les mettre en évidence dans les régions algériennes.

B. TECTONIQUE. — La marge continentale du SE de la France sur le versant méditerranéen a permis d'établir un certain nombre de méthodes d'interprétation [Bourcart, 1952 c et d] pour distinguer et expliquer les formes sous-marines. Celles-ci peuvent être appliquées à toutes les régions littorales. En effet, les formes sous-marines sont d'ordre tectonique ou paléogéographique. La distinction n'est pas toujours aisée, car un bassin peut être un vaste

bassin ou un synclinorium suivant la prédominance de l'élément paléogéographique ou structural.

Les données nombreuses réunies sur la géologie de la partie émergée, peuvent être utilisées de deux manières : on peut comparer la morphologie côtière terrestre avec celle du glacis sous-marin ou on peut chercher le prolongement des unités terrestres dans la région sous-marine.

A ce dernier point de vue, la côte algérienne présente des caractéristiques propres. La côte algérienne et les plis atlasiques ont, dans leur ensemble, une direction E-W ; mais ils sont recoupés par les unités transversales N-S et NE-SW. Les unités transversales N-S et NE-SW du continent se suivent nettement sous la mer.

De telles déformations sous-marines perpendiculaires à la marge continentale provoquent des ondulations transversales du socle sous-marin de 4^e et 5^e ordre qui se répercutent sur le littoral en golfes, bassins et promontoires. C'est à de telles déformations transversales que l'on doit la baie de Bougie, le promontoire de Ténès, la baie d'Oran, la baie d'Alger et d'autres accidents que révèlent les cartes récentes (fig. 2, 3, 4).

Dans les incurvations régionales du littoral actuel, une partie des côtes coupent, en oblique, la direction générale E-W des plis atlasiques E-W. En cherchant la prolongation de ces dernières dans le talus sous-marin, on obtient de nouvelles données qui s'ajoutent aux précédentes. La côte algérienne, par ses caractéristiques, fournit ainsi des moyens d'interprétation du glacis sous-marin, en attendant des données géologiques sous-marines plus complètes. Nous examinerons donc d'abord la morphologie de la marge continentale algérienne, en appliquant les méthodes que nous venons de définir.

III. La côte algérienne.

1. UNITÉS TRANSVERSALES. A) *Unités de 6^e ordre : vallées sous-marines.* Un examen, même très rapide des cartes, montre l'existence de vallées sous-marines, analogues aux canyons des côtes languedocienne et californienne. Dans une grande partie du littoral algérois, elles descendent en dessous de l'isobathe 2 000. Dans les parties de la côte où la plateforme littorale est suffisamment étroite, la relation de beaucoup de ces vallées sous-marines, avec les vallées aériennes, apparaît incontestable. Trois sortes d'hypothèses ont été faites pour définir l'origine de tels canyons : a) creu-

sement sous-marin (d'après Daly, Kuenen [1948, 1950]) ; b) immersion de vallées terrestres par une transgression eustatique ayant 1 500 m d'amplitude (ancienne hypothèse de Shepard [1948, 1952]) ; c) déformation de vallées terrestres immergées par suite d'une flexure continentale [Bourcart, 1928, 1938].

L'un de nous (J. B.) a montré l'impossibilité d'un creusement sous-marin des canyons sous-marins de Provence par un des mécanismes évoqués par Kuenen, Daly ou Shepard. Il n'y a pas lieu de reprendre ici cette discussion, les conditions étant les mêmes pour le cas de l'Algérie. Il est, par exemple, impossible d'expliquer l'immersion de ces vallées par une élévation eustatique de 1 500 m du niveau de la Méditerranée (J. B.). Les canyons algériens ont été creusés ainsi à diverses époques, à l'*air libre*.

a) *Les vallées fossiles*. Cette hypothèse est confirmée, d'autre part, par l'observation des prolongements terrestres de ces vallées sous-marines.

Une partie de ces vallées terrestres actuelles sont d'anciennes vallées anté-pliocènes et anté-villafranchiennes. Les deux cas les plus typiques (n° 8, 9 et Bn de la fig. 3), sont ceux du canyon de Bou Nouha (feuille de Ménerville) [Glangeaud et Muraour, 1954] et du massif d'Alger (feuille d'Alger, Aymé, inédit).

Dans les deux cas, les poudingues terrestres ou littoraux qui occupent le flanc ou le fond de ces vallées sont recouverts par des argiles plaisanciennes. La transgression pliocène a recouvert une morphologie antérieure conservée. Dans la vallée de Bou Nouha, aucun faciès de transgression n'existe à la base des argiles plaisanciennes. Ces dernières reposent sur les poudingues continentaux antérieurs, par l'intermédiaire d'une surface oxydée avec une croûte ferrugineuse continentale, d'origine pédologique, épaisse de quelques centimètres, analogue au « repère pontien » de la S. N. P. L. M. en Camargue [Beaufort..., 1954].

Ces vallées sont donc anté-plaisanciennes et très probablement d'âge pontien¹. Cette observation, faite en Algérie, est confirmée par les résultats parus dans une note récente [Beaufort..., 1954]. Ces auteurs montrent l'existence d'un important creusement pontien sous la Camargue, avec une transgression pliocène présentant des conditions analogues à celles de Bou Nouha. Dans beaucoup d'autres parties du littoral, l'étude attentive des sondages et des vallées actuelles a mis en évidence des faits analogues qui seront précisés ultérieurement.

La transgression plaisancienne a donc été très rapide dans la Méditerranée occidentale. Les tronçons inférieurs des vallées anté-plaisanciennes n'ont souvent pas eu le temps d'évoluer avant leur immersion. Après celle-ci, leur contenu pliocène et pontien a pu être partiellement déblayé par les glissements sous-marins et par les courants de turbidité. Il y a lieu de préciser que certaines val-

1. Suivant le sens de Haug = fini Miocène.

lées côtières de faible importance, paraissent contemporaines des régressions villafranchiennes et grimaldiennes.

b) *Déformation des profils sous-marins.* Pour montrer les variations du profil dans la partie sous-marine et terrestre, nous choisissons dans les figures 1 A et B, quatre profils extrêmes, terrestres et sous-marins.

Les deux premiers (12, XII, 14, XIV) correspondent à un oued côtier très abrupt ; le deuxième et le quatrième (6 et 13) à une côte basse du type Sahel. Dans les deux cas, la pente se modifie brusquement le long du glacis sous-marin, dans de telles conditions qu'un phénomène d'érosion normal ne peut être évoqué. De tels faits, observés sur la côte française, avaient amené à faire intervenir une flexure continentale (J. B.). La démonstration est encore plus nette, si on compare les profils des vallées sous-marines (1 A) aux profils des crêtes (1 B) (interfluves qui les séparent). Dans l'ensemble, les profils des crêtes ont subi des déformations parallèles à celles des vallées sous-marines ; le changement de pente est du même ordre de grandeur avec un décalage dû à l'érosion initiale et au mode de représentation.

Cette déformation peut être antérieure ou postérieure à l'immersion. Si la vallée avait été déformée avant d'être recouverte par transgression eustatique, le profil des crêtes terrestres ne serait pas comparable à celui des vallées. En effet, pendant la phase d'émersion, le creusement étant actif, le profil des vallées antérieures aurait évolué d'une façon indépendante de celui des crêtes. Pour qu'un certain parallélisme entre la déformation de la vallée et celui des crêtes existe, il a fallu que la vallée soit immergée avant la déformation, car il n'existait plus alors d'érosion active pouvant modifier le profil de façon importante.

Cette constatation nous amène à penser que la *déformation est postérieure à l'immersion.*

Partant de ces données, on peut reconstituer la série des phénomènes de la façon suivante : dans un premier stade, une régression rapide de l'ordre de 200 à 300 m des mers de la fin du Miocène a été suivie par la formation de vallées côtières profondes. On a là quelque chose de très analogue à ce qui a été décrit dans le Bas Rhône. Puis, brusquement, une montée eustatique rapide de la mer pliocène a fossilisé la morphologie préexistante sous un dépôt d'argiles qui reposent directement sur tous les dépôts antérieurs. A partir de ce moment, une partie des vallées pontiennes a dû être comblée. Elles ne seront exhumées qu'après immersion et accentuation de la flexure, dont l'âge sera discuté plus loin.

Au Maroc [Bourcart, 1952], des vases calcaires, cimentées par du phosphate et isolées plus tard par une érosion probablement continentale, sont draguées entre 200 à 500 m de profondeur sur le socle continental. Sur le plateau actuel, des calcaires gréseux, peu différents, forment des récifs dans les fonds de 100 m. Les falaises de Safi montrent un Pliocène bien peu différent de celui des dra-

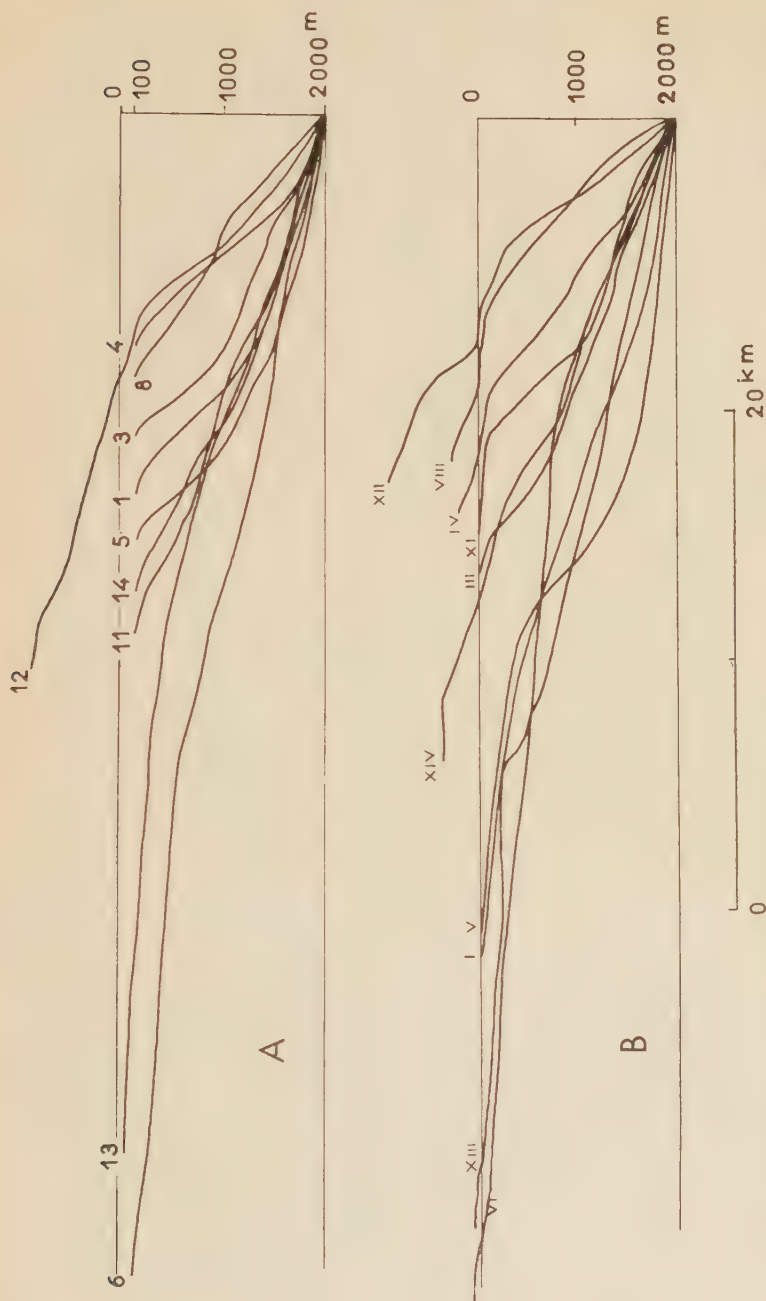


FIG. 1. — Série de profils des vallées et crêtes sous-marines de la côte algérienne établis d'après la carte bathymétrique de ROSFELDER (1954). A : vallées sous-marines. — B : crêtes intermédiaires (interfluvies en caractères romains). Les profils, 12, XI et XIV ont été prolongés au-dessus du zéro. Les autres sont arrêtés à la cote — 100. La position d'une partie de ces profils est indiquée sur les fig. 3 et 4. Les autres sont précisés dans le texte.

gages profonds. La seule conclusion que l'on en puisse tirer est, qu'à cette époque, une immense plaine sous-marine (qui était peut-être une plaine continentale à la fin du Miocène), se poursuivrait, sans aucune rupture de pente, jusqu'aux fonds océaniques.

L'existence de vallées d'âge villafranchien ou méso-quaternaire est démontrée par les données récentes dans d'autres régions de la Méditerranée [Bourcart, 1947, 1954]. C'est la géologie sous-marine qui permettra de définir la répartition de ces types de vallées et leur importance relative. Mais la preuve du creusement de vallées terrestres pré-flandriennes, descendant au maximum à — 100 m en de nombreux points de la côte algérienne, paraît acquise [Aymé, 1952 ; Glangeaud, 1932, 1952].

Ces vallées quaternaires apparaîtraient notamment dans les zones de subsidence pliocène où elles ont pu être conservées.

Après ces épisodes, la transgression flandrienne (versilienne) est venue recouvrir la partie supérieure des canyons. Ce sont ces derniers dépôts qui forment en grande partie, le plateau de sédimentation (plateau continental) qui borde la côte algérienne sur toute sa longueur et la sépare du glacis continental [Bourcart, 1952]. Le « plateau » est généralement étroit mais s'élargit dans les régions où existent des bassins de subsidence transverses (Oran, région d'Arzew, Mostaganem, régions d'Alger, de Bougie et de Bône).

B) *Les panneaux transversaux, unités de 5^e ordre (bassins, golfes et promontoires)*. Quand on examine la courbe bathymétrique de 1 000 m, on est frappé par l'existence de grandes ondulations transversales englobant des vallées sous-marines.

La fig. 2 montre les principaux accidents longitudinaux et transversaux d'âge plio-quaternaire, qui peuvent être mis en évidence dans la région littorale de l'Algérie et de la Tunisie. Ces plissements plio-quaternaires de directions E-W dans la marge terrestre (Atlas littoral) sont, en effet, déformés suivant des directions N-S ou NE-SW qui délimitent des panneaux ou voussoirs. Ces compartiments profonds ont joué à plusieurs époques d'une façon relativement indépendante les uns des autres [Glangeaud, 1927, 1951, 1952, 1954]. Ils correspondent à des hétérogénéités du socle profond sous-jacent, probablement très anciennes, peut-être d'âge précambrien, de directions N-S et NE-SW, ayant rejoué par compensation isostatique. L'étude de la morphologie sous-marine côtière précise le prolongement de ces unités structurales. Nous distinguerons les unités suivantes, en partant de la région située au N du Rif espagnol (Unités A et B). A l'E, l'unité A paraît limitée par un accident tectonique anté-pliocène ayant rejoué au Plio-Quaternaire.



Fig. 2. — Carte schématique des grandes unités morphotectoniques plio-quaternaires de la marge continentale d'Algérie et de Tunisie. Cette carte ne figure aucune des déformations intra-atlasiques post-astiniennes, mais seulement celles de la bordure marginale atlasique.

1 : principaux bassins subsidents plio-quaternaires ; 2 : régions de la marge continentale présentant un glaci sous-marin fortement incliné (flexure continentale) ; 3 : parties terrestres de la côte, déformées par une flexure plio-quaternaire importante ; 4 : régions du glaci sous-marin présentant des vallées sous-marines ; 5 : parties de la marge continentales recouvertes par d'importants sédiments plio-quaternaires, masquant la structure antérieure ; 6 : alignements de relief résiduels, sur le plateau continental sicilo-tunisien recouvert par les transgressions quaternaires. La direction des tirets indique schématiquement la direction probable des alignements immergés ; 7 : flexure saharienne dans les parties observées (trails) et probables (tirets). A-P : lettres correspondant aux différentes unités transversales décrites dans le texte.

Unité B : cette zone fut sans doute envahie par les mers plio-quaternaires en formant un vaste bassin incurvé. Une des principales facettes du glacis continental entre — 500 et 2 000 m — paraît se placer dans le prolongement de la grande flexure algérienne qui conserverait, à l'W des îles Habibas, sa direction E-W tandis que la côte actuelle s'éloigne vers le SW puis le S, à l'W du cap Lindless. Aussi les vallées sous-marines y sont absentes ou mal différenciées. Le rebord continental est éloigné de la côte actuelle.

Unité C : dans le compartiment *Tafna-Figalo-Habibas*, les courbes bathymétriques se resserrent. La topographie quoique encore modérée entre 0 et 500, paraît se compliquer par suite de l'existence probable de reliefs volcaniques miocènes qui continueraient la région volcanique de la Tafna. La profonde vallée du cap Lindless pourrait correspondre au prolongement de l'accident transversal Tafna-cap Figalo [n° 12 de Glangeaud, 1952] incliné vers le NE.

Unité D (golfe d'Oran, d'Arzew) : à partir des Habibas, le compartiment est caractérisé par de forts reliefs sous-marins très abrupts. La couverture néogène et peut-être pliocène a disparu en partie, en laissant apparaître des terrains probablement anté-néogènes dans le glacis continental, comme cela aura lieu dans les compartiments E, F, G, K.

Unité E (Chelif) : au NE du massif d'Arzew, dans le prolongement du bassin subsident du Chélif, la flexure se maintient, mais paraît recouverte par les sédiments miocènes et plio-quaternaires du golfe du Chélif. Ces terrains occupent toute la surface du talus continental. On peut limiter à l'E ce compartiment (E) par la profonde vallée du cap Magroua qui marquerait la limite du bassin plio-quaternaire du Dahra occidental. Elle continuerait les reliefs séparant le Calabrien, étudié par M. Gourinard [1952, 1954], du reste du Néogène et de l'anté-Néogène.

Unité F (Dahra-Atlas césaréen) : à partir de la vallée du cap Magroua, le talus sous-marin (500 à 200) devient de plus en plus abrupt. Il présente des caractères assez constants correspondant à l'homogénéité géologique relative de la structure du Dahra et de l'Atlas césaréen [Glangeaud, 1932]. Les vallées sous-marines sont nombreuses et fortement inclinées (fig. 2).

En allant du cap Magroua vers Gouraya, la pente des profils des vallées et interfluves sous-marins augmente ainsi que cela apparaît nettement dans les profils 1, 3, 4, et I, III, IV des fig. 1 A et B, en allant de l'W vers l'E. Il en est de même pour une grande partie des oueds côtiers.

Au droit de la transversale de Ténès, la courbe 2 500 subit une inflexion importante. Les relations de ces accidents transversaux et longitudinaux avec les tremblements de terre ont été précisées dans une note avec M. Rothé [Glangeaud et Rothé, 1954] (fig. 2). Des ondulations secondaires permettraient de séparer dans cet ensemble F, des compartiments de plus petite dimension F 1 à F 5. Leur existence ne pourra être étudiée et expliquée que par les études de géologie sous-marine.

Dans le compartiment F 4, la courbe 500 m s'éloigne de la côte actuelle, très probablement par suite du développement du bassin néogène de Gouraya Cherchel qui occupe un synclinal parallèle à la côte. Dans le compartiment F 5, les pentes du talus s'accroissent. L'ondulation transversale du Chenoua y est caractérisée par des reliefs sous-marins entre 0 et 500 m. Une falaise est particulièrement marquée entre 200 et 300 m (« falaise du Chenoua » sur la carte de Rosfelder 1954).

Unité G (Sahel) : le compartiment F 5 est brusquement limité à l'E par la grande ondulation transversale de l'Oued Djer-Tipasa [Glangeaud, 1932-1952]. Par suite de la flexure littorale E-W et de la subsidence du bassin nord sahélien, la limite entre F 5 et G subit une torsion correspondant à l'anticlinal du Chenoua se dégageant du Plio-Quaternaire subsident G. L'existence de la flexure Oued Djer-Tipasa [0-0 de Glangeaud, fig. 2, 1952] est même admise par M. Gigout [1954] qui a reconnu qu'elle dénivela la terrasse inférieure. Elle a été confirmée par les travaux de M. Aymé sur la déformation du Calabrien du Sahel. A l'E de cette flexure Oued Djer-Tipasa s'étend un vaste bassin plio-quaternaire et peut-être néogène qui est le prolongement vers le N du

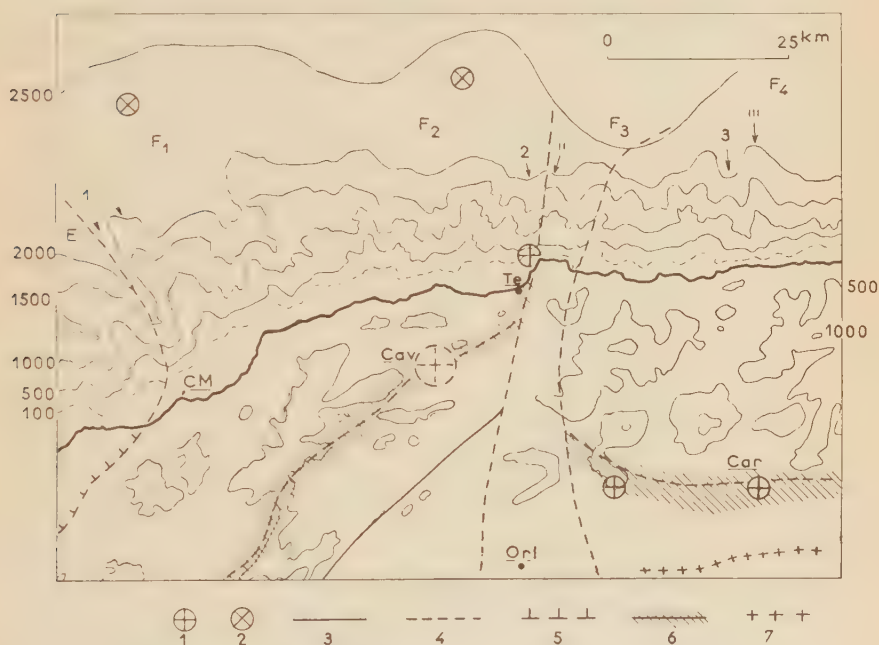


FIG. 3. — Schéma morphotectonique de la marge continentale dans la région de Ténès-Orléansville.

1 : épacentres des séismes des 9 et 10 sept. 1954 (d'après M. ROTHÉ et M^{lle} GRANDJEAN); 2 : points de rupture des câbles, 10 sept. 1954; 3 : faille importante; 4 : ligne structurale importante et transversale de Ténès; 5 : flexure post-calabrienne du Dahra occidental d'après GOURINARD [1954]. (Son prolongement en mer correspond probablement à la limite des bassins plio-quaternaires déformés et des terrains plus anciens); 6 : flexures post-astienne, actuellement actives au point de vue des séismes. 7 : La ligne de croix suit l'axe probable de la zone III de L. Glangeaud (géanticlinal du Chélif).

Le rond en tirets, avec une croix au milieu, montre les régions épacentrales probables du tremblement de terre de Cavaignac (DALLONI et BRIVE 1922, ROTHÉ 1950). Les numéros correspondant aux différentes flèches indiquent la position des vallées sous-marines ayant fait l'objet des profils de la fig. 1 A. Les courbes bathymétriques sont données d'après la carte de ROSFELDER (1954). Comme dans la fig. 4, les lignes structurales ont été légèrement schématisées pour en permettre la figuration.

bassin du Sahel et de la Mitidja. Il masque tous les reliefs antérieurs jusqu'à la courbe — 2 000. Ces dépôts plio-quaternaires sont affectés par une flexure continentale. Cette dernière a de vastes rayons de courbure (4^e ordre), englobe les plissements de 5^e ordre (synclinaux et anticlinaux E-W). A la limite orien-

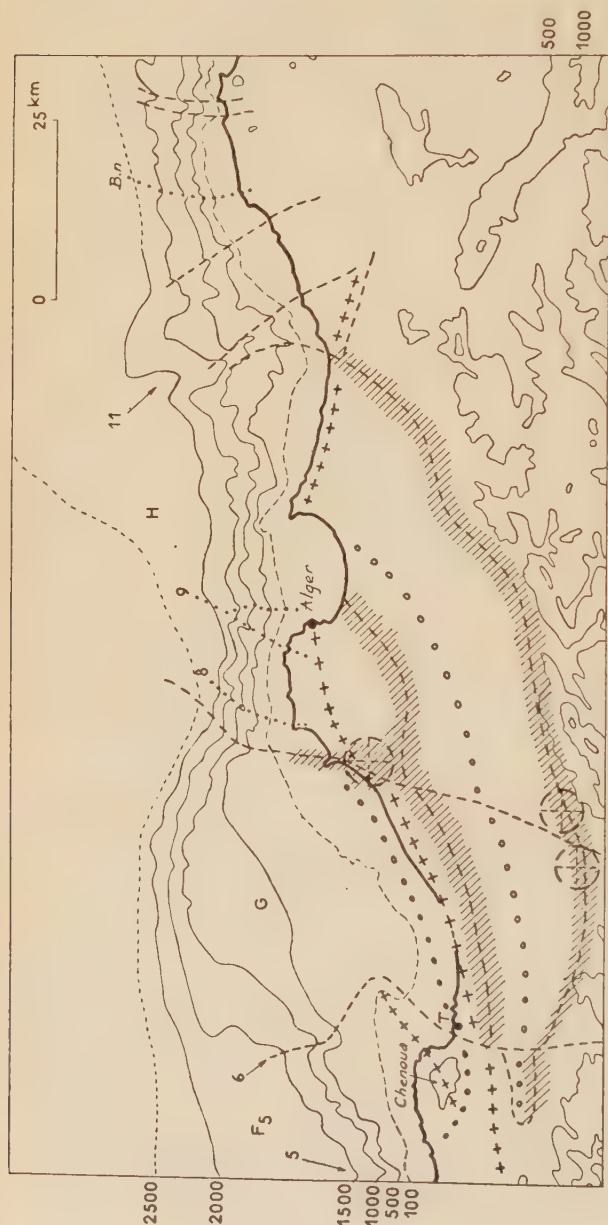


Fig. 4. — Schéma morphotectonique de la marge littorale dans la région d'Alger, destiné à montrer les relations entre les grandes unités tectoniques et la morphologie. Le fond topographique a été établi d'après la carte de ROSSELIER (1954).

1 : limite structurale importante (voir explication dans le texte) ; 2 : flexure plio-quaternaire actuellement active ; 3 : anticlinal plio-quaternaire ; 4 : synclinaux plicquaternaires ; 5 : trajet probable des vallées pontiennes fossilisées, exhumées dans le talus littoral (voir le texte) ; F, G, H : compartiments transversaux (détails dans le texte). Les flèches numérotées indiquent la position des profils de la fig. 1.

tales de G (fig. 3), on voit apparaître, sous cette couverture, les terrains anté-pliocènes avec les canyons sous-marins qui les caractérisent.

Unité H (Alger) : ceci se confirme dans le compartiment H qui marque l'affleurement du massif primaire d'Alger et de ses enveloppes. Il y est facile d'y relier les vallées du glacis sous-marin aux vallées anté-pliocènes du massif d'Alger, mise en évidence par les travaux de M. Aymé (en partie inédits).

Dans les compartiments H 1, H 4, des ondulations transversales secondaires, tels que le massif d'Alger, le pointement de Djinet, font rapprocher la courbe de 100 m de la côte actuelle, tandis que des golfes d'Alger, de Matifou et l'embouchure de l'Oued Isser éloignent cette même courbe en augmentant la largeur du plateau continental. Malgré ces ondulations secondaires, le glacis continental reste abrupt avec des vallées sous-marines nettement marquées. L'une de celles-ci correspond au poudingue de Bou-Nouha dont il a été question plus haut (p. 755, profil n° Bn, fig. 3).

Le bassin géologique de la Mitidja se relève vers l'E entre Alger et le cap Matifou. Aussi l'épaisseur des sédiments plio-quaternaires néogènes doit être plus faible le long de la côte entre Alger et Matifou qu'il ne l'est entre Kolea et Tipasa.

Unité J (Grande Kabylie) : les ondulations transversales y sont beaucoup moins marquées. La côte reste très homogène surtout sur le flanc nord de la Grande Kabylie, entre Dellys et Bougie. La flexure est particulièrement abrupte notamment dans la partie ouest. Cette accentuation du profil transversal est liée à la surrection de la Kabylie. La relation entre le tracé bathymétrique et les grandes unités morphotectoniques de l'Atlas littoral apparaît donc ici encore très nettement.

Unité K (golfe de Bougie) : l'allure des courbes se complique de nouveau dans le compartiment K à partir de la vallée de Bougie ; ceci est dû en premier lieu, à l'existence d'une grande ondulation transversale faisant avancer les sédiments plio-quaternaires et néogènes vers le S, dans le golfe de Bougie, et, d'autre part, au passage d'accidents longitudinaux E-W, qui apparaissent dans la géologie sous-marine.

Unité L de Djidjelli : le massif volcanique miocène de Cavallo marque la limite est du compartiment L. Dans la région située entre Djidjelli et le massif de Collo, l'existence probable d'un synclinal néogène et plio-quaternaire côtier E-W provoque l'éloignement du rebord continental. Mais au-delà la flexure n'en est pas moins abrupte.

Unité M : au N du massif de Collo, la forte augmentation transversale de la flexure (profil n° 13, XIII de la fig. 1) amène une surrection du massif primaire et provoque, comme dans le cas du massif d'Alger, une augmentation très brutale de la pente du glacis sous-marin. Son relief se raccorde presque sans discontinuité avec le relief côtier qui domine la mer de façon abrupte. Dans un tel cas, le changement de profil que l'on observe en passant des oueds côtiers dans les vallées sous-marines marque bien l'existence d'une flexure (profil n° 12, fig. 1).

Unité N : le golfe de Philippeville avec sa couverture plio-quaternaire et néogène, se traduit de nouveau par un éloignement de la courbe 500. Toutefois la présence d'importants massifs cristallins à Philippeville, au Filfila, dans l'Edough, et le prolongement jusqu'à la côte des vallées sous-marines qui coupent toutes les courbes jusqu'au littoral, indiquent que le revêtement

plio-quaternaire est peu épais. Il a été probablement entamé par l'érosion au cours des phases de régression d'âge quaternaire.

Unité O (Edough) : ce compartiment correspond au dernier méga-anticlinal (profil n° 14, XIV de la fig. 1) de la côte algérienne faisant affleurer le tréfonds primaire. Dans l'état actuel des connaissances de la géologie sous-marine et même terrestre, son étude détaillée ne peut être encore faite. Il est brutalement limité à l'E par la vallée sous-marine du cap qui marque la fin de la région à flexure fortement inclinée et du glacis sous-marin abrupt.

Unité P : à partir de cette vallée, la courbe de — 500 s'éloigne de plus en plus fortement du littoral, en même temps que le glacis sous-marin diminue de pente. Les vallées sous-marines importantes, si elles existaient primitivement à l'E, sont très atténuées ou n'ont pas été exhumées. Seule la région du canal de la Galite peut comporter les restes d'anciennes vallées. Il correspond probablement à un fossé ou synclinal longitudinal.

On observe dans le détail, à l'W de ce canal, entre celui-ci et la côte tunisienne, toute une série de petites vallées complexes qui se devinent par l'examen de la courbe de 100 m, mais elles ont un modelé différent de celui observé plus à l'W, sur la côte algérienne. Cette morphologie pourra être expliquée par l'affleurement sous-marin d'un Flysch analogue à celui qui borde la côte algéro-tunisienne avec, par place, des lambeaux plio-quaternaires et néogènes peu épais.

Ce plateau continental des confins algéro-tunisiens est le début de celui de la vaste plateforme immergée qui s'étend de l'Algérie à la Sicile et de la Tunisie au S de la Sardaigne. Elle correspond à la transgression d'une mer épiconcontinentale quaternaire sur une plaine côtière au bord de laquelle émergent un certain nombre de reliefs. Ceux-ci représentent sans doute, les liaisons entre les chaînes algéro-tunisiennes et nord-siciliennes et peut-être d'autres unités plus externes [Glangeaud, 1952 a et b, fig. 3].

2. LES UNITÉS LONGITUDINALES. — A) *Flexure continentale (4^e ordre). Pente et position.* La fig. 2, comparée aux fig. 1 A et B et aux nombreux profils non représentés, montre d'une façon nette comment se comporte la flexure continentale par rapport à la côte actuelle.

Dans la partie médiane de l'Algérie, le plateau continental, couvert par le Flandrien entre 0 et 100 m, est presque inexistant. Il a moins de 500 m de large en face de plusieurs promontoires de la Grande Kabylie (I) et de la Kabylie de Collo (M). Les oueds côtiers peuvent y être reliés sans difficulté avec les vallées sous-marines correspondantes. Mais à partir de Bône à l'E et d'Oran à l'W, la flexure et le rebord continental paraissent s'éloigner du littoral. La plateforme continentale et le talus ne sont plus seulement recouverts par des dépôts flandriens, mais des bassins synclinaux pliocènes et néogènes s'y incorporent probablement (côte du type NE des U. S. A.), comme c'est le cas pour les panneaux d'Arzew-Chélif (C), d'Alger (G), [Glangeaud, 1954, fig. 3] et de Bône (P).

Pour bien comprendre l'allure probable de la flexure continentale le long de la côte algérienne, il faut la comparer aux autres flexures plio-quaternaires qui ne sont pas recouvertes par la mer comme la flexure nord-saharienne et à celles qui bordent les bas-

sins miocènes de la Mitidja et du Chélif. Les facteurs qui provoquent les variations d'inclinaison de ces flexures et du relief correspondant peuvent être analysés avec précision [Glangeaud, 1927, 1932, 1952 b ; Laffitte, 1942 ; Gourinard, 1952 ; Karpoff, 1954 ; Castany, 1952 c à 1954].

La flexure de 4^e ordre qui borde la côte algérienne paraît avoir une continuité et une homogénéité plus grande que toutes les autres flexures plio-quaternaires ; elle dépasse même celle de la flexure nord-saharienne, mais n'est-ce pas une illusion ? De plus, le talus a une inclinaison souvent fort accentuée qui peut correspondre au moins localement, à la pente de la flexure.

B) *Les ondulations secondaires de 5^e et 6^e ordre.* Aussi les accidents longitudinaux plio-quaternaires de 5^e ordre, du plateau continental et du talus sous-marin, s'ils existent, n'apparaissent vraiment que dans les panneaux où la flexure est moins marquée ou plus éloignée du rivage.

Toutefois, dans des golfes limités, comme celui de Tipasa et de Bougie, le prolongement des ondulations longitudinales plio-quaternaires peut être suivi sur le bord côtier.

Par exemple, le prolongement de l'anticlinal du Chenoua vers le NE, apparaît nettement (carte Rosfelder, 1954). Il en est de même pour le cap Carbon vers l'E. Mais il semble que les reliefs plio-quaternaires du talus continental ont souvent été plus ou moins arasés au moment de la dernière transgression quaternaire. Il est facile de le comprendre quand on considère l'anticlinal du Sahel séparant la flexure plio-quaternaire de la Mitidja du synclinal sous-marin nord-sahélien (fig. 3).

Cet anticlinal aurait fort bien pu disparaître si l'érosion marine avait progressé de 3 à 4 km vers le S. Il a d'ailleurs été en partie arasée sur sa partie nord entre Kolea et Tipasa, sans qu'aucun relief n'apparaisse sur la plate-forme continentale.

De plus, la carte actuelle du fond sous-marin au 500 000^e, malgré le progrès qu'elle présente, n'est pas encore suffisamment précise pour révéler les reliefs de petites dimensions. Seule la gravimétrie fine ou des sondages sismiques pourront mettre en évidence ces ondulations plio-quaternaires de 5^e ordre, plus ou moins arasées.

Aussi les accidents de 6^o ordre comme les genoux et glissements ne peuvent évidemment pas être décelés dans la topographie sous-marine, sauf rares exceptions. Néanmoins, des glissements et courants boueux peuvent être enregistrés par les ruptures de câbles télégraphiques à la suite des tremblements de terre de Ténès-Orléansville [Glangeaud et Rothé, 1954] ou par l'analyse des sédiments à la base du talus côtier [Bourcart, 1953].

Cette base du glacis continental entre 2 000 et 2 500 m est presque toujours couverte par les dépôts récents alimentés par le

glacis sous-marin et les oueds côtiers. Aussi, dans cette région, la morphologie antérieure et la flexure sont masquées.

c) *Age de la flexure algérienne.* Si l'on élimine toutes les ondulations plio-quaternaires de 5^e et 6^e ordre et les reliefs résiduaux antérieurs, il reste, comme élément tectonique, une flexure d'en semble de 4^e ordre très continue le long du littoral algérien depuis Bône jusqu'au N du Rif. Cette déformation atteint dans son ensemble une longueur égale à celle de l'Afrique du Nord. Elle doit être postérieure ou sensiblement contemporaine de toutes les déformations secondaires dont elle est la courbe-enveloppe.

Dans toutes les régions où la côte est suffisamment abrupte, la flexure sous-marine paraît se prolonger par la flexure côtière terrestre. On peut donc essayer de déterminer l'âge de la flexure sous-marine, par comparaison avec celui de la flexure terrestre. Or les déformations plio-quaternaires dans la région littorale de l'Algérie, mises en évidence dès 1927 sous le nom de « plissements post-astiens » par l'un de nous [Glangeaud, 1927, 1931], ont pu être analysées avec précision au cours de ces dernières années grâce aux travaux de Aymé, Dresch, Gourinard, Laffitte, Karpoff, Mattauer en Algérie et de Castany, Dumon en Tunisie. Il résulte de ces travaux [Glangeaud, 1954] que les plissements post-astiens présentent plusieurs maxima. Si ces épiphases orogéniques secondaires ont été définies localement, il n'est pas possible par contre, d'affirmer leur caractère général. En tenant compte notamment des travaux de Castany, nous avons proposé d'appeler tunisiens les maxima nord-africains anté-thyrrhéniens, voisins du Villafranchien, et gafsien, ceux qui sont post-acheuléens ou post-thyrrhéniens [Glangeaud, 1954, fig. 5]. Ils correspondent en Europe aux épisodes européen, villafranchien romain et grimaldien de J. Bourcart [1949, fig. 66].

Dans le Sahel d'Alger, le maximum principal est situé entre le Villafranchien et le Tyrrhénien [Glangeaud, 1927 ; Glangeaud, Aymé..., 1952]. Dans la région de Tipasa [Gigout, 1954] et la région de Constantine [Dresch ; Mattauer, 1953], les déformations sont post-thyrrhéniennes (Moustérien supérieur). Dans l'ensemble, une phase importante de courbure de la flexure nous paraît contemporaine du maximum gafsien post-sicilien (= Grimaldien de J. Bourcart ?). D'ailleurs, la déformation de la marge continentale continue actuellement, ainsi que le montrent les effets de tremblements de terre [Glangeaud et Rothé, 1954]. Les glissements sous-marins, qui ont coupé le 10 septembre 1954 les câbles sur une vaste surface au N et au NW de Ténès à la suite du séisme d'Orléansville, témoignent de l'ampleur de ces phénomènes (fig. 2).

IV. Tunisie.

A l'E de Bône, la flexure continentale s'éloigne de la côte actuelle. Entre cette flexure et la côte s'étend une vaste plate-forme qui a été envahie par la transgression flandrienne et qui fut probablement aussi recouverte antérieurement par les transgressions tyrrhénienne et sicilienne. On a là une mer épicontinentale.

Ces transgressions, malgré leur puissance d'abrasion, y ont laissé des reliefs résiduels. Ce sont eux qui forment des lignes de crête plus ou moins enfouies reliant les plissements du N de l'Algérie aux plissements du N de la Sicile. Ces reliefs, dont la topographie précise n'a pas encore été établie, apparaissent néanmoins déjà sur les anciennes cartes bathymétriques. Au N du détroit, leur direction paraît être ENE-WSW. Ils relient ainsi les plis nord-siciliens aux plis algéro-tunisiens [Glangeaud, 1952, 1954].

L'étude de la topographie et de la géologie sous-marine de ces régions donnera, sans doute, la solution des relations sicilo-tunisiennes (fig. 2).

Pour la partie sud du détroit sicilo-tunisien, les reliefs résiduels paraissent s'aligner suivant des directions nettement différentes NE-SW ou N-S. Ces dernières marqueraient le prolongement des accidents sahariens et des effondrements N-S de la région sahélienne de Tunisie. La fosse, qui se trouve entre Pantellaria et Malte, correspond à un effondrement. Ce dernier serait l'effet d'une distension assez récente, comme l'un de nous l'a supposé [Bourcart, 1949]. Il serait à l'origine des venues volcaniques importantes de ce territoire.

La flexure continentale principale orientale sicilo-tunisienne passerait à l'E de Malte. Elle prolongerait, vers le S, la flexure de la côte orientale sicilienne. Ainsi le détroit sicilo-tunisien ne serait qu'une ondulation transversale dans le bloc africano-sicilien plus ou moins compliquée par des fosses de distensions assez récentes¹.

Les caractères de la côte actuelle tunisienne sont dus à sa situation en retrait par rapport à la plateforme silico-tunisienne et à l'existence de bassins d'effondrement quaternaires décrits par M. Castany. Cette côte de transgression se montre ainsi d'un type nettement différent de la côte algérienne. E. F. Gautier a, depuis longtemps, souligné cette différence avec sa lucidité habituelle. Cet auteur estime que la côte tunisienne a tous les caractères « parfaitement effacés par le temps d'une côte à Rias ». Il est en effet

1. M. Castany a précisé dans une étude encore inédite que la ligne de rebroussement des reliefs sous-marins, que nous représentons sur la fig. 2, au NE de la Tunisie, correspondrait au prolongement de la dorsale tunisienne passant par le Zaghuan et le cap Bon. On aurait là le passage de la transversale sicilo-tunisienne dont l'un de nous [Glangeaud, 1951] avait présumé l'existence entre les unités tunisiennes et nord-africaines (note ajoutée en cours d'impression).

très possible que le golfe de Tunis et d'autres représentent des vallées sous-marines ou des ondulations synclinales colmatées par les dépôts marins récents et non exhumées par suite de l'absence d'une flexure côtière importante. Cette hypothèse est confirmée par les caractères géologiques du Sahel tunisien où les grabens d'effondrement sont comblés par du Quaternaire continental récent.

La différence, constatée entre cette côte tunisienne et la côte algérienne abrupte par l'éminent géographe, ne peut être expliquée par une hypothèse purement eustatique. La flexure algérienne fournit, au contraire, une solution rationnelle et cohérente. En l'absence d'une flexure continentale abrupte et rapprochée, les dépôts continentaux qui ont recouvert les accidents d'âge plio-quaternaire du talus tunisien n'ont pas été déblayés par suite de l'éloignement du niveau de base de la flexure continentale. Le golfe de Tunis est très probablement dû à un bassin plio-quaternaire subsident peu érodé.

V. Maroc.

Les travaux sur la morphologie côtière du Maroc ont donné lieu à de nombreux échanges de vue sur lesquels nous n'insisterons pas. Nous renvoyons à la bibliographie antérieure. Les données apportées par la marge continentale française de la Méditerranée et le littoral d'Algérie, confirment l'hypothèse proposée depuis de nombreuses années pour la côte marocaine [Bourcart, 1937, 1938, 1949]. La carte du littoral marocain et espagnol publiée en 1949 [Bourcart, 1949, fig. 94] n'a pas à être modifiée à la suite des travaux récents. Elle complète ainsi la fig. 4 ci-jointe.

VI. Conclusions.

Tout un ensemble de faits concourt à démontrer l'influence des déformations quaternaires sur la bordure nord-africaine. La flexure continentale apparaît d'une façon nette quand le glacis continental, assez proche des côtes actuelles, a été fortement déformé : c'est le cas d'une partie de la côte algérienne. Le talus sous-marin peut, par contre, être enfoui sous les sédiments plio-quaternaires, comme dans la mer épicontinentale de la Tunisie et au bord des confins algéro-marocains.

La flexure joue un rôle morphologique. Elle englobe des plis de 5^e ordre. Les structures de 6^e ordre et les morphologies du type des vallées sous-marines sont, par contre, liées à des phéno-

mènes d'érosion ou à des « collapses » antérieurs à la flexure. Certaines de ces érosions correspondent aux phases de « régression » villafranchiennes et post-tyrrhéniennes, mais leur phase dominante paraît être d'âge pontien.

Pour comprendre la morphologie côtière, on doit tenir compte de tous ces facteurs et des structures transversales et longitudinales. Les structures transversales sont souvent plus apparentes dans le talus sous-marin que dans le rebord littoral aérien. Ainsi les relations existant entre les déformations quaternaires et la morphologie sous-marine peuvent orienter d'une façon efficace les recherches pétrolières le long de la marge continentale.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

Pour les bibliographies nord-africaines, voir BLONDEL (1952) : Bibliographie géologique et minière de la France d'Outre-Mer, t. I, Afrique du Nord. Paris, Bureau d'Ét. géol. et min. coloniales.

- ARAMBOURG C. (1952). — Géologie. Eustatisme et isostasie. *C. R. Ac. Sc.*, t. 234, p. 226-227.
- AYMÉ A. (1948). — Contribution à l'étude des terrasses entre le cap Matifou et l'Oued Isser. *Bull. Afrique Nord*, t. 39, p. 97-100.
- BEAUFORT L., BRUNEAU J., GREPIN A. et JULLIAN Y. (1954). — Ampleur de l'érosion pontienne et du comblement pliocène en Camargue. *B. S. G. F.*, (6), IV, p. 175, 3 fig.
- BOURCART J. (1928). — Nouvelles observations sur la structure des Dinarides adriatiques. *C. R. XIV^e sess. Congr. géol. intern.*, 4^e fasc., p. 1899.
- (1937). — Résultats d'ensemble d'une étude du Quaternaire marin du Maroc et du Portugal. Extension possible des hypothèses à l'étude de ces terrains en Méditerranée. *IV^e Congr. Géogr. et Ethnogr. slaves*, Sofia.
- (1938). — La marge continentale. *B. S. G. F.*, (5), VIII, p. 393-474.
- (1949). — Géographie du fond des mers. Paris, Payot.
- (1952 a). — Les frontières de l'Océan. Sciences d'aujourd'hui, Paris, Albin Michel, 321 p., 75 fig.
- (1952 b). — Océanographie. Paris, Centre Docum. universitaire.
- (1952 c). — Contribution à la connaissance du socle sous-marin de la France le long de la côte méditerranéenne. *C. R. XIX^e sess. Congr. géol. intern. Alger*, sect. IV, fasc. IV, p. 26-63, 4 fig., 1 pl.
- (1952 d). — Le Quaternaire marin de Mazagan à Mogador et sur la non existence de l'étage « oulien ». *B. S. G. F.*, (6), II, p. 441-452. *In Trav. Lab. Géol. sous-marine*.
- (1953). — Sables « néritiques » à 2 750 m de profondeur au large de Bougie (Algérie). *C. R. Ac. Sc.*, t. 236, p. 738-740.

- BOURCART J. et autres (1947-52). — Sur les canyons de la côte française de la Méditerranée. *Ibid.*, t. 224 (1947), p. 1175-1177 ; t. 226 (1948), pp. 1632-1633, 1827-1829 ; t. 230 (1950), pp. 56-563, 1302-1304 ; t. 234 (1952), p. 1077-1079.
- BOURCART J. et MARIE P. (1951). — Sur la nature du retord continental à l'W de la Manche. *Ibid.*, t. 232, p. 2346-2348.
- CASTANY G. (1949). — Phénomènes de subsidence plio-quaternaire en Tunisie. *Bull. Soc. Sc. nat. Tunisie*, t. 2, fasc. 1, p. 4-11.
- (1951). — Étude géologique de l'Atlas tunisien oriental. Thèse Sc. Paris, 632 p., 57 pl., 243 fig.
- (1952 a). — Atlas tunisien oriental et Sahel. *XIX^e Congr. géol. intern. Alger, Monogr. région.*, 2^e sér. Tunisie, n° 6, 152 p.
- (1952 b). — Paléogéographie, tectonique et orogénèse de la Tunisie. *Ibid.*, 2^e sér., n° 1, 63 p.
- (1952-53). — Orogénèse quaternaire dans la région de Gafsa. *Bull. Soc. Sc. nat. Tunisie*, t. VI, p. 151-160.
- (1954). — Les grands traits structuraux de la Tunisie. *B. S. G. F.*, (6), IV, p. 151, 4 pl., 5 fig.
- DALLONI M. (1915). — Recherches sur la période néogène dans l'Algérie occidentale. *Ibid.*, (4), XV, p. 428-457, 3 fig.
- (1933). — Le Pliocène du Sahel oriental et de la Kabylie. *Bull. Soc. Hist. nat. Afrique Nord*, t. 24, p. 9-18, 1 croquis géol.
- DIETZ R. S. et MENARD H. W. (1951). — Origin of abrupt change in slopes at continental shelf margin. *Bul. amer. Ass. Petr. Geol.*, vol. 35, p. 1994-2016.
- DRESCH J. (1947). — Pénéplaines africaines. *Ann. Géogr.*, t. 56, p. 126-137.
- (1950). — Géographie physique. Sur le rôle des mouvements post-pliocènes et des changements de climat dans la formation du réseau hydrographique de la région de Constantine. *C. R. Ac. Sc.*, t. 230, p. 853-855.
- DRESCH J. et BIROT P. (1953). — La Méditerranée et le Moyen-Orient, t. I : la Méditerranée occidentale. Paris, Presses univ. de France, 1 vol., 552 p.
- DRESCH J., GIGOUT M., JOLY F., LE COZ J. et RAYNAL R. (1952). — Aspects de la géomorphologie du Maroc. *XIX^e sess. Congr. géol. intern. Alger, Monogr. région.*, Maroc.
- ERICSON D. B., EWING M. et HEEZEN B. C. (1951). — Drep-sea sands and submarine canons. *Bul. geol. Soc. amer.*, vol. 62, p. 961-965.
- GAUTIER E. F. (1922). — Structure de l'Algérie. Paris, Challamel.
- GIGOUT M. (1954). — Contribution à l'étude du Quaternaire ancien des environs de Ténès et Cherchel (Algérie). *B. S. G. F.*, (6), IV, p. 89, 1 fig.
- GLANGEAUD L. (1927). — Sur les plissements post-astiens dans le Nord de la province d'Alger. *Ibid.*, (4), XXVII, p. 239-246, 1 fig.
- (1931). — Les surfaces d'aplanissement d'âge tertiaire dans le Nord de la province d'Alger. Leurs déformations. *C. R. Congr. Géogr.*, t. II, p. 571-588, 5 fig., Paris.
- (1932). — Études géologiques de la région littorale de la province d'Alger. Thèse Sc. Paris, 600 p., 17 pl., 1 carte structurale de l'Afrique du Nord.
- (1935). — Notice détaillée de la carte géologique au 50 000^e de

- l'Arba et essai d'hydrologie de la Mitidja. *Bull. Serv. Carte géol. Algérie*, 2^e sér., n° 11, 51 p., 4 fig., 2 pl., avec A. AYMÉ.
- GLANGEAUD L. (1941). — Corrélation statique, classification et hiérarchie des facteurs intervenant dans la formation des sédiments. *B. S. G. F.*, (5), XI, p. 371-388.
- (1949). — Théorie thermodynamique de la formation des chaînes liminaires. *Ann. Univ. Besançon*, 4 fig., 16 p.
- (1951). — Interprétations tectono-physique des caractères structuraux et paléo-géographiques de la Méditerranée occidentale. *B. S. G. F.*, (6), I, p. 735-762.
- (1952 a). — Les éruptions tertiaires nord-africaines, leurs relations avec la tectonique méditerranéenne. *C. R. XIX^e sess. Congr. géol. intern. Alger*, sect. XV, fasc. XVII, p. 71-101, 5 fig.
- (1952 b). — Tectonophysique comparée des chaînes telliennes et rifaines. *B. S. G. F.*, (6), II, p. 619-639.
- (1954). — Les déformations plio-quaternaires de l'Afrique du Nord. *Geol. Rundschau*, 14 p., 6 fig.
- GLANGEAUD L., AYMÉ A., CAIRE A., MATTAUER M. et MURAOUR M. (1952). — Histoire géologique de la province d'Alger. *XIX^e Congr. géol. intern. Alger, Monogr. région.*, 1^{re} sér., Algérie, n° 25, 141 p.
- GLANGEAUD L., CAIRE A. et MATTAUER M. (1950). — L'évolution structurale de la région de Miliana (Algérie) et le style amygdalaire des chaînes liminaires. *B. S. G. F.*, (5), XX, p. 479-501, 6 fig.
- GLANGEAUD L. et LAGRULA J. (1952). — Corrélations entre les données gravimétriques et structurales dans le N de la province d'Alger. *C. R. Ac. Sc.*, t. 235, p. 193-196.
- GLANGEAUD L. et MURAOUR M. (1953). — Signification morphologique et position stratigraphique des cailloutis pontiens de Bou-Naha (Algérie). *Ibid.*, t. 237, p. 1262-1264.
- GLANGEAUD L. et ROTHÉ J. (1954). — Les causes tectonophysiques et effets morphologiques des séismes d'Orléansville et du Chélif. *Ibid.*, t. 238.
- GUILCHER A. (1951). — Cours d'Océanographie. Paris. Centre Docum. universitaire.
- (1954). — Morphologie littorale et sous-marine. Paris, Presses univ. de France, 210 p., 36 fig.
- GOURINARD Y. (1952). — Le littoral oranais. *XIX^e Congr. géol. intern. Alger, Monogr. région.*, 1^{re} sér., Algérie, n° 22, 62 p.
- JESSEN O. (1943). — Die Randschwellen der Kontinente. *Peterm. Mitteil.*, Bd 241, 205 p., nombr. fig.
- JOHNSON D. W. (1919). — Shore processes and shore development. New York.
- (1938). — The origin of submarine canons. *Journ. of Geomorphol.*, vol. I, p. 111-129, 230-243, 324-340 ; vol. 2, p. 42-60, 133-158, 213-236 (résumés français).
- KARPOFF R. (1952). — Quelques exemples de tectonique récente dans le Bas-Sahara. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 245.
- KUENEN Ph. (1948). — Turbidity currents of high density. *Rep. XVIIIth sess. geol. intern. Congr. Gr.-Brit.*, part 8, p. 44-52.
- (1950). — Marine Geology. New York. Wiley, in-8°, 568 p.

- LAFFITTE R. (1942). — Plissements post-pliocènes et mouvements quaternaires dans l'Algérie occidentale. *C. R. Ac. Sc.*, t. 215, p. 372.
- LAFFITTE R. et DUMON E. (1948). — Plissements pliocènes supérieurs et mouvements quaternaires en Tunisie. *Ibid.*, t. 227, p. 138-140.
- LAGRULA J. (1951). — Étude gravimétrique de l'Algérie-Tunisie. *Bull. Serv. Carte géol. Algérie*, 4^e sér., n° 2, 114 p., 1 pl.
- (1952). — Sur l'eustatisme et l'isostasie. *C. R. XIX^e sess. Congr. géol. intern. Alger*, sect. IX, fasc. IX, p. 45-50.
- LAMOTHE L. DE (1912). — Au sujet du déplacement de la ligne de rivage le long des côtes algériennes pendant le post-Pliocène. *B. S. G. F.*, (4), XII, p. 343-348.
- LECOINTRE G. (1952). — Recherches sur le Néogène et le Quaternaire marins de la côte atlantique du Maroc. *Notes et Mém. Serv. géol. Maroc*, n° 99, t. I : Stratigraphie ; t. 2 : Paléontologie, 368 p.
- MATTAUER M. (1953). — Découverte du Moustérien aux environs de Constantine. Ses répercussions morphotectoniques. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 66-68.
- ROTHÉ J. P. (1950). — La séismicité de l'Algérie. *Bull. Serv. Carte géol. Algérie*, 4^e sér., Géophysique, n° 3, 40 p., 10 fig.
- SHEPARD F. P. (1948). — Submarine Geology. New York, Harper & Brothers, in-8°, 348 p.
- (1952). — Composite origin of submarine canons. *Journ. Geol.*, vol. 60, p. 84-96.
- SVERDRUP H. U., JOHNSON M. W. et FLEMING R. H. (1946). — The oceans. New York, Prentice Hall, 1056 p., 265 fig.
-

PERMANENCE PALÉOGÉOGRAPHIQUE ET FAUNIQUE DE LA CÔTE OUEST DE LA NOUVELLE CALÉDONIE

PAR **René Pomeyrol**¹.

Les travaux publiés récemment sur la Nouvelle Calédonie par J. Avias, N. Grékoff et Y. Gubler, P. Routhier et l'auteur permettent de caractériser la côte ouest de la Nouvelle Calédonie par une permanence paléogéographique et faunique remarquable.

Par « côte ouest », on entend, en Nouvelle Calédonie, la côte sud-occidentale de l'île baignée par la Mer de Corail, par opposition à la « côte est » ou côte nord-orientale baignée par l'Océan Pacifique.

1. L'histoire géologique datée de la Nouvelle Calédonie commence par une formation néritique localisée sur la côte ouest en une bande insulo-côtière s'étendant entre les baies de Téremba et de Saint-Vincent. J. Avias la désigne du nom de « formation des tufs polychromes » (désignation incorrecte si le lecteur veut bien se rappeler que les « formations » doivent être nommées par une double désignation : lithologique et géographique). Grâce à la détermination qu'il a faite des quelques rares fossiles qu'il a découverts, J. Avias a pu montrer que cette formation a été déposée pendant la longue durée des temps géologiques s'étendant du Dévonien au Permien. Pour expliquer la constitution pétrographique de ces tufs, J. Avias suppose l'existence de terres émergées à l'W de la Nouvelle Calédonie et constituant ce qu'il propose d'appeler « Tasmantia », rebaptisant ainsi cette terre hypothétique appelée « Tasmantis » par les géologues australiens qui l'ont suggérée les premiers.

2. Aux roches précédentes succèdent essentiellement le long de la côte ouest d'épaisses couches de grauweekes que P. Routhier désigne sous le terme de « formation des grauweekes » (même remarque que pour la désignation précédente). Dans cette formation, J. Avias a pu repérer de nombreux niveaux stratigraphiques grâce à l'exploitation très poussée des nombreux gisements fossilifères, en grande partie découverts par lui-même, de la baie de Téremba et surtout de la baie de Saint-Vincent. C'est

1. Note présentée à la séance du 8 novembre 1954.

ainsi qu'il a pu mettre en évidence l'existence du Trias (Ladinien, Carnien et Norien), du Rhétien, de l'Hettangien, du Sinémurien, du Lias anté-Toarcien et du Callovo-Oxfordien. Or, c'est précisément dans la baie de Saint-Vincent aux nombreuses îles que la côte ouest se montre de nos jours aussi compliquée qu'elle semble l'avoir été au cours des temps géologiques pendant lesquels se déposaient les grauwackes à faciès côtier que l'on ne trouve que le long de la côte actuelle ; vers l'intérieur de l'île, en effet, les grauwackes se présentent sous un faciès plus profond, comportant même localement des schistes. Ces grauwackes de la côte ouest possèdent la particularité de contenir des éléments d'une roche microlitique inconnue en Nouvelle Calédonie, découverte qui a conduit son auteur, P. Routhier, à reprendre, lui aussi, à son compte l'hypothèse d'une terre émergée à l'W de la Nouvelle Calédonie, la « Tasmantis » des géologues australiens. Quant à J. Avias, il voit dans ces grauwackes le type des sédiments propres aux géosynclinaux du type « pacifique » par opposition aux géosynclinaux du type « himalayen » ; lui aussi fait appel à la « Tasmantia » pour expliquer le caractère détritique, côtier de cette formation sur la côte ouest de la Nouvelle Calédonie.

3. A l'ensemble des grauwackes succède en Nouvelle Calédonie un ensemble fort différent qui a été appelé d'abord par M. Piroutet « le terrain à charbon » et ensuite « formation à charbon » par P. Routhier. Cette désignation est encore plus incorrecte que les précédentes étant donné qu'il existe dans les régions septentrionales de l'île comprise entre Koumac et Voh tout un ensemble de terrains appartenant à cette formation et ne contenant pas de charbon. Quoiqu'il en soit de cette appellation, cette formation de pélites et de grès plus ou moins charbonneux est surtout développée le long de la côte ouest et plus particulièrement entre Nouméa et Voh. Dans sa région d'étude, comprise entre l'extrémité septentrionale de l'île et la région de Bourail, P. Routhier suggère l'existence d'un sillon néo-calédonien que la formation en question aurait occupé depuis le Callovo-Oxfordien jusqu'au Sémonien. Il se peut que cette hypothèse soit valable pour la région indiquée mais elle ne l'est certainement pas pour la région comprise entre Bourail et Nouméa : là, en effet, les affleurements de terrains à charbon bordent généralement le rivage actuel quand ils ne se rencontrent pas sur des flots détachés de la côte comme dans la baie Gadji ou comme dans celle de Boulari.

4. Aux ensembles précédents fait suite transgressivement et en discordance un nouvel ensemble sédimentaire très important dont l'âge exact a été établi pour la première fois par M. Piroutet : ce

sont les terrains éocènes qui constituent la majeure partie des terrains sédimentaires de la côte ouest. Ce sont eux qui présentent les phénomènes de transgression et de rivage les plus caractéristiques, en particulier dans la baie de Saint-Vincent où le faciès discordant et transgressif des conglomérats à lentilles calcaires peut être aisément suivi le long de son tracé aussi capricieux que le tracé actuel du rivage (fig. 1). N. Grékoff et Y. Gubler ont distingué dans l'Éocène néo-calédonien un faciès paralique sur lequel



FIG. 1. — Carte de la baie de Saint-Vincent.

nous allons revenir et un faciès récifal étroitement localisé dans les régions du Creek Aymes et de la baie de Saint-Vincent (presqu'île de Uitoé). Ce faciès doit passer insensiblement et latéralement au faciès précédent de transgression comme en témoignent les nombreuses espèces de Microforaminifères communes. Quant au faciès paralique, c'est un autre ensemble de terrains éocènes développés le long de la côte ouest entre les régions de Nouméa et de Gouaro, que j'ai décrit le premier sous le nom de « Flysch de la Roche percée », du nom de cet endroit pittoresque de la région littorale de Gouaro où il est typiquement représenté. Apparemment plus profond, ce Flysch a connu en réalité de nombreux épisodes nettement côtiers comme en témoignent les nombreux niveaux de brèches et de microbrèches que l'on y observe, niveaux détritiques qui contiennent d'ailleurs, à peu de

chose près, le même assemblage microfaunique que les faciès précédents. De plus, et c'est P. Routhier qui l'a signalé, ce Flysch contient des éléments d'une roche microlitique dont il suppose à nouveau l'existence en une terre immergée actuellement à l'W de la Nouvelle Calédonie, la « Tasmantis ».

5. Aux temps éocènes dont il vient d'être question succèdent des temps troublés par du volcanisme dont les limites dans le temps ne sont pas nettement précisées par les auteurs qui, comme P. Routhier, ont essayé de le faire. J'ai personnellement publié à ce sujet une courte note expliquant comment il me paraissait possible d'assigner à ces temps l'étroite limite comprise entre l'Aquitaniien et le Burdigalien. C'est l'époque des venues éruptives comprenant de la péridotite, du basalte, de la dolérite et autres roches du même cortège qui constituent de vastes surfaces en particulier dans la région méridionale de l'île.

6. A la période de vulcanicité précédente succède une époque tranquille qui débute par le dépôt des couches horizontales qui constituent sur la côte ouest la presqu'île de Népoui et les petites îles voisines, comme aussi des affleurements de moindre importance dans la baie de Saint-Vincent (île Hugon et localité de Gillies un peu au N de l'extrémité occidentale de la baie). Il s'agit d'une faible épaisseur de sédiments récifaux dont l'âge aquitaniien-burdigalien a été démontré pour la première fois par Y. Gubler et l'auteur, et confirmé ensuite par N. Grékoff et Y. Gubler, puis par P. Routhier.

Ainsi donc, tout au long de son histoire géologique, la Nouvelle Calédonie a vu des dépôts côtiers se déposer à peu près exclusivement sur l'emplacement occupé aujourd'hui par la côte ouest et le tracé des rivages successifs ne s'éloigne guère du tracé actuel : il y a là un cas de permanence paléogéographique qui méritait, je crois, d'être signalé.

A cette permanence paléogéographique remarquable s'ajoute une permanence faunique non moins remarquable.

Les grauweekes dont il a été question au paragraphe 2 de cette note contiennent localement des accumulations de coquilles de la même espèce d'une surprenante épaisseur. C'est ainsi que dans plusieurs localités de la baie de Saint-Vincent (île Hugon, presqu'île de Uitoé) on peut mesurer jusqu'à une centaine de mètres de coquilles d'*Entomonotis* du Norien, à peu près à l'exclusion de tout autre élément de la lumachelle qu'elles constituent.

Mais c'est surtout à l'Éocène que les faunes sont d'une remarquable permanence. Tous les gisements fossilifères de l'Éocène contiennent à peu près la même association microfaunique, savoir

les Microforaminifères *Globigerina*, *Nummulites*, *Operculina* et *Discocyclina*. Il existe des exceptions sous la forme de cimetières à Discocyclines (N. Grékoff et Y. Gubler) ou de purées d'Operculines (l'auteur) mais il est facile de les expliquer en faisant appel à des conditions de milieu favorisant le développement exceptionnel des unes ou des autres espèces. Par contre, dans la région côtière de Gouaro, le groupement microforaminiférique ci-dessus se retrouve sans changement appréciable du haut en bas du « Flysch de la Roche percée » aussi bien sur le terrain, à l'affleurement que dans le terrain, dans le sondage exécuté sur l'anticlinal de Gouaro et ce sur 2 000 m au moins de sédiments.

Enfin, depuis les temps de l'aurore miocène au cours desquels se déposaient les sédiments de la presqu'île de Népoui jusqu'à nos jours, certains Foraminifères poursuivent une existence sans changement : tels les *Marginopora* qui constituent parfois presque à eux seuls les « sables » de certaines plages néocalédoniennes.

Cette permanence faunique, qui se retrouve un peu partout en Pacifique sud, est à l'origine des discussions interminables sur l'âge des formations tertiaires des côtes de cet Océan. On pourra s'en rendre compte en lisant les publications des auteurs cités dans cette note, plus particulièrement celles de N. Grékoff et Y. Gubler et aussi de P. Routhier. Est-ce à dire que le Pacifique sud n'est pas une mer comme les autres ? Très certainement : c'est l'Océan de toujours et sa permanence propre est justement faite des permanences fragmentaires dont la Nouvelle Calédonie nous donne sur sa côte ouest les exemples typiques paléogéographique et faunique objets de cette note.

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

RAPPORT DE LA COMMISSION DE COMPTABILITÉ

EXAMEN DES COMPTES DE 1954.

La Commission de Comptabilité s'est réunie le 16 mars 1955 au siège de la Société pour examiner les comptes de l'exercice écoulé et les prévisions budgétaires pour 1955.

Ces comptes se résument comme suit :

Recettes effectives.....	9.105.470 fr.
--------------------------	---------------

Dépenses effectives.....	9.134.136 »
--------------------------	-------------

ce qui laisse un solde débiteur de.....	28.666 »
---	----------

Il faut remarquer que le compte *Bibliographie* a été incorporé dans les comptes ordinaires au lieu de faire l'objet d'un compte spécial. Pour la publication du *Bulletin*, l'augmentation des dépenses résulte, d'une part des 4 fascicules de 1953, année particulièrement chargée, d'autre part de l'avancement de parution de l'année 1954 (le fasc. 4-6 ayant été partiellement réglé sur l'exercice de 1954).

Il ressort de cet examen que, malgré ces charges, les recettes équilibrent pratiquement les dépenses. Toutefois l'augmentation toujours importante du nombre des membres, ce dont nous devons nous réjouir, amène automatiquement un accroissement parallèle du volume des publications, donc des charges de la Société. Cependant, nous espérons que les ventes des publications en stock et l'accroissement des recettes dû à l'augmentation des cotisations et du prix des abonnements décidés pour 1955, suffiront pour le moment à maintenir l'équilibre. Nous tenons à remercier ici le Centre national de la Recherche scientifique, dont la subvention a été augmentée en 1954.

Il nous est agréable de remercier également M^{me} Odier et M. Crosnier Leconte de leur gestion prudente et des renseignements précis qu'ils nous ont fournis pour faciliter notre tâche.

Les prévisions proposées pour l'exercice 1955 sont empreintes d'une sage prudence, bien que le poste *Bibliothèque* soit en augmentation sérieuse, le Conseil de la Société ayant pris la résolution de faire un effort pour la conservation de ce riche patrimoine.

Pour la Commission de Comptabilité,

J. GANDILLOT.

COMPTES ORDINAIRES

Exercice 1954.

Recettes

Cotisations	2.382.667 fr.
Abonnements :	
Bulletin.....	861.292 »
Mémoires.....	365.166 »
Bibliographie.....	165.998 »
Ventes :	
Bulletin.....	547.510 »
Mémoires.....	551.901 »
Bibliographie.....	254.621 »
Autres publications.	60.042 »
Remboursements :	
d'auteurs	1.120.499 »
de ports.....	128.153 »
Sécurité soc.....	52.921 »
Remb. bons du Trésor.	312.900 »
Subvention et dons..	2.251.000 »
Caution Bibliothèque.	1.500 »
Loyers Moulinet....	25.000 »
Subv. aménag. locaux.	20.000 »
Divers.....	4.100 »
Total.....	9.105.470 »
Solde débiteur.....	28.666 »
	9.134.136 »

Dépenses

Publications :	
C. R. sommaire....	889.256 fr.
Bulletin.....	3.762.650 »
Mémoires.....	1.220.834 »
Bibliographie.....	474.615 »
Frais généraux :	
Appointements et	
Sécurité sociale...	1.120.580 »
Loyer, chauff., écl...	370.217 »
Frais de bureau.....	134.664 »
Impôts, assurances..	100.808 »
Frais de ports.....	471.850 »
Divers :	
Frais de banque....	950 »
Remb. et divers...	20.935 »
Remb. prêts bibl...	500 »
Amén. locaux (solde).	247.150 »
Bibliothèque.....	319.127 »
Total.....	9.134.136 »

PROJET DE BUDGET 1955

Recettes

En caisse 1.1.1955..	589.048 fr.
Cotisations	2.875.000 »
Abonnements :	
Bulletin.....	900.000 »
Mémoires.....	370.000 »
Bibliographie.....	160.000 »
Ventes	1.475.000 »
Subvention	2.250.000 »
Remboursements :	
d'auteurs	100.000 »
de ports....	125.000 »
Sécurité sociale...	60.000 »
Total.....	8.924.048 »
14 juin 1955.	

Dépenses

Publications :	
C. R. sommaire....	1.050.000 fr.
Bulletin	2.900.000 »
Mémoires.....	1.400.000 »
Bibliographie.....	336.000 »
Frais généraux :	
Appointements et	
Sécurité sociale...	1.300.000 »
Loyer, chauff., écl...	425.000 »
Impôts, Assurances..	125.000 »
Frais de bureau.....	150.000 »
Frais de ports.....	520.000 »
Mobilier.....	25.000 »
Bibliothèque.....	625.000 »
Total.....	8.856.000 »
Excédent recettes...	68.048 »
	8.924.048 »
Bull. Soc. Géol. Fr. (6), IV. — 50	

COMPTE FONDS DE SOLIDARITÉ ET D'AIDE AUX JEUNES

Recettes		Dépenses	
Solde créditeur 1.1.54.	7.515 fr.	Cotisations	7.900 fr.
Dons en 1954.....	5.300 »	Solde créditeur	
		31.12.54.....	4.915 »
Total.....	12.815 »	Total.....	12.815 »

COMPTES PRIX

Recettes		Dépenses	
Disponibilités 1.1.54...	9.142 fr.	Médailles	4.184 fr.
Recettes.....	8.536 »	Fondations	900 »
		Frais généraux.....	271 »
Total.....	17.678 »	Total.....	5.355 »
		Solde créditeur.....	12.323 »
			17.678 »

TABLE DES COMMUNICATIONS

PUBLIÉES DANS LE VOLUME IV

DU BULLETIN 1954

	Pages
H. Radier. — La série dahomeyenne de Takamba dans la boucle du Niger (2 fig.).....	3
G. Petter. — Fameunien terminal aux environs de Béni-Abbès (Sahara nord-occidental) (1 fig.).....	11
M.-J. Graindor. — Note préliminaire sur la glaciation infra-cambrienne dans le massif armoricain (2 fig.).....	17
S. Gillet. — Étude sur l'Oligocène supérieur d'Alsace (1 fig.).....	25
E. Bonifay. — Les terrasses quaternaires de la vallée de l'Huveaune (Bouches-du-Rhône) (4 fig.).....	31
J. Gandillot. — La photographie aérienne au service de la géologie (2 pl.).....	45
J. Cuvillier. — Niveaux à coprolithes de Crustacés (1 pl.).....	51
M. Neumann. — Le genre <i>Linderina</i> et quelques autres Foraminifères l'accompagnant dans le Nummulitique d'Aquitaine (2 pl., 1 fig.).....	55
J.-P. Chevalier. — Sur quelques espèces d'Anthozoaires du Nummulitique des environs de Blaye (Gironde) (1 pl.).....	61
R. Perrin. — Dynamométamorphisme et métamorphisme régional. Quelques observations dans la région briançonnaise (1 fig.).....	67
J. Laporte. — Les écaillés de Macinaggio (Corse) (2 fig.).....	81
M. Gigout. — Contribution à l'étude du Quaternaire ancien des environs de Ténès et Cherchel (Algérie) 1 fig.	89
G. Aurouze et I. de Klasz. — Sur la présence de Shakoïnes dans le Crétacé supérieur de France, de Bavière et de Tunisie (1 pl., 1 fig.).....	97
F. von Huene et P.-L. Maubeuge. — Sur quelques restes de Sauriens du Rhétien et du Jurassique lorrains (1 pl., 2 fig.).....	105
A. Faure-Muret et P. Fallot. — La formation à <i>Microcodium</i> au pourtour de l'Argentera Mercantour 10 fig.	111
R. Michel. — Étude géologique et pétrographique du sill de Mirefleurs (Comté d'Auvergne) (1 fig.).....	139
J. Emberger. — Notes sur la stratigraphie et la paléontologie de l'Aptien de Bordj Oultem, région de Bou-Saâda (Dép. d'Alger), Algérie (3 fig.)....	145
G. Gastany. — Les grands traits structuraux de la Tunisie (4 pl., 5 fig., 2 tabl.	151
L. Beaufort, J. Bruneau, A. Grepin et Y. Jullian. — Ampleur de l'érosion pontienne et du comblement pliocène en Carmargue (3 fig.).....	175
J.-M. Remy et F. Tessier. — Décapodes nouveaux de la partie ouest du Sénégal (1 pl., 1 fig.).....	185
G. Depape, F. Florschütz et Yves Guillien. — La flore des argiles de Couligens (Charente) 3 fig.	193
J. Laporte. — Faciès de métamorphisme profond et de rétro-morphose du NW du cap Corse.....	203
M. Rey. — Description de quelques espèces nouvelles de Foraminifères dans le Nummulitique nord-marocain (1 pl.).....	209
R. C. Mitchell. — Le Tertiaire de Porto-Rico et le développement tertiaire des Grandes Antilles (1 fig., 2 tabl.).....	213

A. Rondeau. — Aspects de la morphologie cryonivale dans le midi de la France (1 pl.).....	225
J. Cuvillier. — A propos des «Corrélations stratigraphiques par micro-faciès en Aquitaine occidentale ».....	233
L. Berthois et M. Barbier. — Apports sédimentaires en suspension dans la Loire (année 1953) (3 fig.).....	237
A. Cailleux. — Ampleur des régressions eustatiques (1 fig.).....	243
P. Pruvost. — Georges Dubois (1890-1953) (1 portrait).....	255
P. Fourmarier. — Emmanuel JACQUIN DE MARGERIE (1 portrait).....	281
P. Fallot. — Maurice LUGEON (1 portrait).....	303
L. Dangeard. — Alexandre BIGOT (1 portrait).....	341
M. Chaput, J. Lombard, J. Lormand et H. Michel. — Granites et traces d'étain dans le Nord-Cameroun (2 fig.).....	373
F. Ottmann et J. Picard. — Contribution à l'étude du Quaternaire des régions de Palerme et de Milazzo (Sicile) (4 fig.).....	395
A.-F. de Lapparent. — Nouvelle révision des gisements à Dinosauriens de la région de Saint-Chinian (Hérault) (1 pl., 2 fig.).....	409
L. David et J. Flandrin. — Sur la présence du Miocène à Miogypsines dans les monts de la Haute Medjerda (1 pl., 2 fig.).....	415
S. Gueirard. — Sur l'âge de l'ankaratrie de Rougiers (Var) et ses relations avec le Trias environnant (3 fig.).....	421
Ch. Greber. — Flore et stratigraphie du terrain houiller de la région de Lons-le-Saunier (Jura) (1 pl., 1 fig.).....	431
R. Feys. — Présence probable de dépôts marins dans le Paléozoïque briançonnais (1 pl.).....	443
R. de Saint-Seine. — Existence de Cirripèdes acrothoraciques dès le Lias : <i>Zapfella pattei</i> nov. gen., nov. sp. (3 pl.).....	447
B. Gèze. — Sur la tectonique des Causses de Quercy (5 fig.).....	453
A. Rivière et L. Visse. — L'origine des minéraux des sédiments marins.....	467
A. Vayssé et L. Feugueur. — Sur l'âge des faciès continentaux de l'Éocène inférieur aux environs de Sézanne (Marne) (1 pl., 2 fig.).....	475
A. Stchépinsky. — Étude des Ostracodes du Crétacé inférieur de la Haute-Marne (1 pl., 5 texte-pl.).....	485
D. Mongin. — Description d'un nouveau Lamellibranche : <i>Nucula renouardi</i> n. sp. du Portlandien du Liban (1 pl.).....	501
E. Patte. — Un Éléphant <i>Archidiskodon</i> des brèches de Langson (Vietnam) (1 fig.).....	505
H. Parent. — Sur la présence d'une série renversée devant le front de la nappe de Caussols (1 fig.).....	509
L. Guillaume † et G. Minoux. — Deux regards nouveaux sur le substratum antétriasique à l'W des Vosges : les forages de Ravenel et de Damblain (1 texte-pl., 2 fig.).....	515
F. Debrenne. — Étude de terrains rattachés au Valanginien dans le département de l'Aube (2 fig.).....	525
P. Jodot. — Mollusques de petites dimensions des formations continentales ludienne, sannoisienne et stampienne du Jura méridional et de la Haute-Savoie (1 pl.). Annexe : H. Vincienne , coupe de l'Oligocène de Génissiat.....	537
J. Bourcart. — Recherches de géologie sous-marine profonde.....	557
F. Ottmann. — Le Quaternaire marin du cap Corse (1 fig.).....	565
R. Baudouin. — Géologie des sables alvéolaires de l'Ancien Monde (1 pl., 2 fig.).....	571
L. Bertrand. — La limite entre les étages aptien et albien dans la région de Saint-Dizier (Haute-Marne) (1 pl., 3 fig.).....	585
V. Stchépinsky. — Le Crétacé inférieur de l'E du bassin de Paris d'après les données nouvelles (1 fig.).....	597
H. Alimen. — Colorimétrie des sédiments quaternaires et paléoclimats. Premiers résultats (3 fig.).....	609

G. Durozoy et J. Magné. — Existence de l'Éocène moyen et supérieur dans la région de Redjas-Ferada au NW de Constantine (Algérie).....	621
G. A. Palm. — Vaugnérites et amphibolites. Deux types de roches amphiboliques dans les Cévennes à la hauteur de Largentière (Ardèche) (4 fig.).	627
A. Cailleux. — Limites dimensionnelles et noms des fractions granulométriques (1 tabl.).....	643
A. Vatan et F. Boyer. — Remaniements dans les alluvions anciennes de l'Oise à Cergy (S.-et-O.) (2 fig.).....	647
E. Basse, H. Karrenberg, J.-P. Lehman, J. Alloiteau et J.-P. Lefranc. — Fossiles du Jurassique supérieur et des « Grès de Nubie » de la région de Sana (Yémen) 3 pl., 1 texte-pl., 3 fig.).....	655
J. Roman. — Sur le genre <i>Echinolampas</i> (1 texte-pl., 1 fig.).....	689
P. Hupé. — A propos des organes de Pander des Trilobites (2 pl., 3 fig.)..	701
P. Hupé. — A propos de la suture faciale de <i>Bouleia dagincourti</i> ULRICH (1 pl., 1 fig.).....	713
P. Collomb. — Les phases du métamorphisme en Rouergue (1 fig.).....	715
J. Cogné. — Schistes cristallins et granites en Bretagne méridionale. A propos des « hälleflints » (1 pl., 1 fig.).....	729
J. Tricart. — Compléments des cartes géologiques : les cartes géomorphologiques 1 fig.	739
J. Bourcart et L. Glangeaud. — Morphotectonique de la marge continentale nord-africaine (4 fig.).....	751
R. Pomeyrol. — Permanence paléogéographique et faunique de la côte ouest de la Nouvelle Calédonie (1 fig.).....	773

Dates de publication

des fascicules qui composent ce volume.

Fascicules 1-3 (Feuilles 1-12, pl. I-IX)	novembre 1954.
— 4-6 (— 13-28, pl. XII-XX)	janvier 1955.
— 7-9 (— 29-51, pl. XXI-XXXII)	juin 1955.

BULLETIN ET COMPTE RENDU SOMMAIRE DES SÉANCES DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

6^e série, tome IV, année 1954.

TABLE DES MATIÈRES ET DES AUTEURS

Les noms des AUTEURS sont en petites capitales ; les noms des **matières** en compact, les noms *géographiques* en italique. Les renvois aux pages du *Bulletin* sont en chiffres gras, aux pages du *Compte rendu sommaire* en caractères ordinaires ¹.

A

Aalénien. DAVID L., 189. — KOLB Th., 82.

ABRARD R. Obs. comm. M. DE CIZANCOURT et J. CUVILLIER, 133. — Les formes de passage dans le rameau phylétique *Nummulites atacicus* LEYMERIE-*Nummulites aturicus* JOLY et LEYMERIE, 145. — Rapport sur l'attribution du *prix Viquesnel* à R. SOYER, 216. — Limite supérieure du calcaire de Champigny, 388. — Obs. comm. B. GÈZE, 466.

Acadien. DESTOMBES J. et JEANNETTE A., 149.

Acheuléen (Faune froide). PAQUE A., 122.

Afrique. FURON R., 277. Voir aussi : *Afrique équatoriale française*, *Afrique occidentale française*, *Algérie*, *Congo belge*, *Madagascar*, *Maroc*, *Sahara*, *Tunisie*.

Afrique équatoriale française. CHAPUT M., LOMBARD J., LORMAND J. et MICHEL H., 373. — VINCENT P. et WOLFF J.-P., 352.

Afrique occidentale française. FAURE

H., 309. — CIZANCOURT M. DE et CUVILLIER J., 130. — GUILCHER A., 201. — JUNG J. et LAMBERT R., 399. — POUQUET J., 349. — RADIER H., 3. — REMY J.-M. et TESSIER F., 185. — TESSIER F., 25. — VISSE L., 27, 59.

Agadir. AMBROGGI R. et LAPPARENT A.-F. DE, 50.

Aimantation (Inversion). RUTTEN M. G. et DEN BOER J. C., 106.

Ain (Dpt). JODOT P., 537. — PELLETIER M., 245. — VINCIGENNE H., 342, 537.

Albien. BERTRAND L., 585.

— **supérieur.** EMBERGER J., 354.

Algérie. ARAMBOURG C., 406. — BOURCART J. et GLANGEAUD L., 751. — CAIRE A., 236. — DALLONI M., 88. — DAVID L. et FLANDRIN J., 415. — DELEAU P., 108, 120, 169. — DELEAU P. et MARIE P., 225. — DURAND DELGA M., 134. — DUROZOY G. et MAGNÉ, J. 621. — EMBERGER J., 48, 354, 383, 145. — FLANDRIN J., LAPPARENT A. F. DE et TRÜMPY R., 259. — GIGOUT M., 89. — MATTAUER M., 228. — MURAOUR P., 89.

1. Aux « Présentations d'ouvrages », seuls figurent les noms des auteurs dont les ouvrages ont donné lieu à un texte de présentation.

- ALIMEN H. Obs. comm. F. BOURDIER, 79. — Obs. comm. J. PIMIENTA, 206. — Colorimétrie des sédiments quaternaires et paléoclimats (Premiers résultats), 406, 609. — Obs. comm. A. RONDEAU, 232.
- ALIMEN H. et FENET D. Granulométrie de sables d'erg aux environs de la Saoura (Sahara occidental), 183.
- Allemagne. Voir Bavière.
- ALLOITEAU J. Voir BASSE E., 393, 655.
- Alluviales (Nappes). SCHOELLER H., 360.
- Alpes. FAURE-MURET A. et FALLOT P., 111.
- Alpes (Basses-) (Dpt). GOGUEL J., 222.
- Alpes (Hautes-) (Dpt). BARBIER R., 147. — BELLAIR P., 417. — GOGUEL J., 181. — LATREILLE M., 230. — LEMOINE M., 67.
- Alpes-Maritimes (Dpt). LANTEAUME M., 102. — PARENT H., 509.
- Alsace. GILLET S., 25. — KOLB. Th., 29.
- AMBROGGI R. et LAPPARENT A. F. DE. Découvertes d'empreintes de pas de Reptiles dans le Maestrichtien d'Agadir (Maroc), 50.
- Ammonites. DALLONI M., 88. — EMBERGER J., 383. — SARKAR S., 97.
- droites. DURAND DELGA M., 134.
- pyriteuses. GOGUEL J., 222. — TERMIER H. et G., 86.
- Amphibolites. GOGUEL J., 69. — PALM Q. A., 627.
- Ancelle. LATREILLE M., 230.
- Andésite à haüyne. MICHEL R., 139.
- Ankaratrite. GUEIRARD S., 421.
- Annweiler (Grès d'). RICOUR J., 401.
- Anthracites briançonnais. FEYS R., 403.
- Antilles. BUTTERLIN J., 280. — MITCHELL R. C., 284, 213.
- Aptien. BERTRAND L., 585. — EMBERGER J., 145. — LAMARE P. et CASTERAS M., 390.
- supérieur. GOGUEL J., 222.
- Aquitaine. CUVILLIER J., 233. — CUVILLIER J. et DEBOURLE A., 75, 408. — KULBICKI G., 361. — NEUMANN M., 55. — VATAN A., 201. — VEILLON M. et VIGNEAUX M., 414.
- Aquitainien. MOYES J. et VIGNEAUX M., 413.
- ARAMBOURG C. Résultats des fouilles du gisement pléistocène de Terni-fine (Algérie), 406.
- Ardèche (Dpt). PALM Q. A., 627. — RUTTEN M. G. et DEN BOER J. C., 106.
- Arenig. DESTOMBES J. et JEANNETTE A., 149.
- Argentara-Mercantour. FAURE-MURET A. et FALLOT P., 111.
- Argiles (Minéraux des). KULBICKI G., 361. — RIVIÈRE A. et VISSE L., 467. — VISSE L., 27, 59.
- Ariège (Dpt). DESTOMBES J. P. et RAGUIN E., 279. — ESCANDE H. et THIÉBAUT J., 300. — RONDEAU A., 225. — THIÉBAUT J., 298.
- ARNOULD A. et ROUTHIER P. Prés. d'ouvr., 316.
- Asie. Voir Turquie, Viet-Nam, Yémen.
- Aston (Massif de l'). DESTOMBES J. P. et RAGUIN E., 279.
- ASTRE G. Radiolitidés nord-pyrénéens, 242.
- Atlas saharien. EMBERGER J., 354, 383.
- Aube (Dpt). DEBRENNÉ F., 525. — STCHÉPINSKY V., 597.
- AUBERT DE LA RUE E. Obs. comm., B. GÈZE, 222.
- AUROUZE G. et KLASZ I. DE. Sur la présence de Shakoinés dans le Crétacé supérieur de France, de Bavière et de Tunisie, 120, 97.
- AUROUZE G. et BOULANGER P. *Ganel-la nov. gen.*, nouveau genre de Foraminifères de l'Yprésien de Gan (Basses-Pyrénées), 186.
- Auteuil (Sables d'). DEMARCO G., 302.
- Auvergne (Comté d'). MICHEL R., 139.
- Aveyron (Dpt). COLLOMB P., 715.
- AVIAS J. Sur la genèse des gisements de manganèse de la Nouvelle Calédonie, 17.
- AVIAS J. et LAUGIER R. Étude stratigraphique, pétrographique et paléontologique des terrains traversés par la nouvelle route nationale n° 4 bis, dite de contournement de Nancy (autostrade), 56.
- Azrou Shîr. CAIRE A., 236.

B

- Bactérienne (Action) dans la sédimentation. DEBYSER J., 375. — LALOU Cl., 369.
- Bajocien. AVIAS J. et LAUGIER R., 56.
- supérieur. PELLETIER M., 245.
- BALAVOINE P. Contribution à l'étude

- des Bryozoaires du Bartonien du Bassin de Paris, 255. — Note préliminaire sur quelques Bryozoaires de Montainville et de Vigny (S.-et-O.), 385.
- BARBIER M. Voir BERTHOIS L., 201, 237.
- BARBIER R. L'âge des spilites du versant sud du Pic des Trois Évêchés, près du col du Lautaret (Htes-Alpes), 147. — Réunion extraordinaire : excursions des 4 sept., 438 ; 9 sept. a. m., 484 ; 11 sept. a. m., 497 ; 12 sept. m., 502 ; obs. au C. R., 435 et suiv.
- Barousse (*Massif de la*). THIÉBAUT J., 241.
- BARRABÉ L. Obs. comm. A. GUILLER, 373. — Obs. C. R. de la Réunion. extr., 450. — Obs. comm. J. GANDILLOT, 50.
- Bartonien. BALAYOINE P., 255. — GRAMBAST L. et N., 95. — MASCHS V., CRUSAFONT M. et VILLALTA J. F. DE, 304.
- Basaltes (Consolidation torique). GÈZE B., 222.
- BASSE E., KARRENBURG H., LEHMAN J. P., ALLOITEAU J. et LEFRANC J. P. Fossiles du Jurassique supérieur et des « Grès de Nubie » de la région de Sana (Yémen) (récoltes H. Karrenberg), 393, 655.
- Bathonien. LEMAITRE H., 307. — STCHÉPINSKY V., 19. — inférieur. BUTEL P., 393.
- BATTISTINI R. et MARTIN S. Sur l'existence de deux périodes périglaciaires en Bretagne et dans les îles anglo-normandes, 292.
- BAUDOIN R. Géologie des sables alvéolaires de l'Ancien Monde, 574, 571.
- BAUER A. Voir HOLTZSCHERER, 396.
- Bavière. AUROUZE G. et KLASZ I. DE, 97.
- Beach-cusps. LAFOND L. R., 419.
- BEAUFORT H., BRUNEAU J., GRÉPIN A. et JULLIAN Y. Ampleur de l'érosion pontienne et du comblement pliocène en Camargue, 149, 175.
- Belfort (*Terr. de*). KOLB Th., 29.
- BELLAIR P. A propos de la tectonique des environs du Lautaret (Htes-Alpes), 417. — Obs. C. R. de la Réunion. extr., 466, 468.
- Beni Abbès. PETTER G., 11.
- BÉRANGER C. Prés. d'ouvr., 117.
- BERTHOIS L. et BARBIER M. Apports sédimentaires en suspension dans la Loire (année 1953), 201, 237.
- BERTRAND L. La limite entre les étages aptien et albien dans la région de Saint-Dizier, 383, 585.
- Bessin. LEMAITRE H., 307.
- BIGOT A. Notice nécrologique, 220, 341.
- Biochimiques (horizons). DEBYSER J., 375.
- BIZARD C. Obs. C. R. de la Réunion. extr., 496.
- Blanzay (*Bassin de*). LOUIS J., 141.
- Blaye. CHEVALIER J. P., 61.
- BLOCH J. P. et DEBELMAS J. C. R. de la Réunion extraordinaire, 435.
- Bois fossile. BERTRAND L., 585.
- BOLZE J. Ascension et percée des diapirs du Crétacé moyen dans les monts du Téboursouk (Tunisie septentrionale), 139.
- BONIFAY E. Les terrasses quaternaires de la vallée de l'Huveaune (B.-du-R.), 97, 31. — Note sur deux nouveaux gisements de limon loessiques en Basse-Provence, 351.
- BONTE A. Prés. d'ouvr., 117.
- Bordj Oullem. EMBERGER J., 145.
- Bouches-du-Rhône (Dpt). BEAUFORT L., BRUNEAU J., GRÉPIN A. et JULLIAN Y., 175. — BONIFAY E., 351, 31.
- BOULANGER D. Voir NEUMANN M., 114. — Voir AUROUZE G., 186.
- BOURCART J. Prés. d'ouvr., 32, 364. — État des recherches de géologie marine dans les mers profondes, 367, 557. — Obs. comm. M. RECH-FROLLO, 380.
- BOURCART J., COUSTEAU J. Y., OTTMANN F. et SEGRE A. G. Présentation du levé de la vallée sous-marine de Saint-Florent, effectué à bord de la « Calypso » (octobre 1954), 367.
- BOURCART J. et GLANGEAUD L. Morphotectonique de la marge littorale nord-africaine, 375, 751.
- BOURDIER F. Remarques sur les faunes froides du Quaternaire français antérieur au Wurm, 76. — [Prés. projections phénomènes de cryoturbation], 181. — Obs. comm. A. RONDEAU, 232.
- BOURDON M. et LYS M. Microfaune des marnes à *Ostrea longirostris* LMK (Stampien) de la carrière de la Souys-Floirac (Gironde), 336 (*erratum*, 432).

- BOURQUIN P. Nécrologie, 209.
Bou Saâda (Région de). EMBERGER J., 145.
 BOUT P. La morphologie de l'Islande méridionale, 159.
 BOYER F. Voir VATAN A., 417, 647.
Boz-Dag. YALÇINLAR I., 296.
Brachiopodes. BASSE E., KARRENBERG H., LEHMAN J. P., ALLOTEAU J. et LEFRANC J. Ph., 655.
Brèches basaltiques. RUTTEN M. G. et VAN BEMMELEN R. W., 14.
Brésil. BROCHU M., 312.
Bresse. LE CALVEZ Y. et LEFAVRAIS A., 137.
Bretagne. COGNÉ J., 729. — DEUNFF J., 305. Voir aussi *Massif armoricain* et les départements.
Briançonnais (Anthracites). FEYS R., 403.
Briançonnaise (zone). ELLENBERGER F., 64. — GIDON M., 193. — LEMOINE M., 67. — PERRIN R., 67. — Réun. extr., 435.
 — (dépôts marins). FEYS R., 443.
 BRINKMANN R. Prés. d'ouvr., 318.
Briovérien. GRAINDOR, M. J. 17.
 BROCHU M. [Existence lac dans le massif « Agulhas Negras » (Brésil)], 312. — Pendages du Précambrien dans l'E du Bouclier canadien, 382.
 BROUSSE R. Pétrographie des trachyandésites du Mont-Dore, 14.
 BRUNEAU J. Voir BEAUFORT H., 149, 175.
Bryozoaires. BALAVOINE P., 255, 385.
 BUTEL P. Le gisement du Tertre de Fontaine, commune du Bernard (Vendée). Premier coup d'œil sur une faune juvénile, 177, 274. — Rectification relative à l'âge de la faune recueillie au Tertre de Fontaine (Vendée), 393.
 BUTTERLIN J. Remarques sur l'origine de silex trouvés dans des gisements de la République d'Haïti, 280. — Prés. d'ouvr., 316.
 BUTTGENBACH H. Prés. d'ouvr., 33.
 C
 CAILLEUX A. Obs. comm. F. BOURDIER, 79. — Obs. comm. M. G. RUTTEN et J. C. DEN BËR, 108. — Voir TRICART J., 117. — Ampleur des régressions glacioeustatiques, 186, 243. — Limites dimensionnelles et noms des fractions granulométriques, 277, 643. — Obs. comm. J. ROUX, 382. — Obs. comm. H. ALIMEN, 619.
 CAILLEUX A. et CHAVAN A. Prés. d'ouvr., 312.
 CAILLEUX A. et TAYLOR G. Prés. d'ouvr., 117.
 CAILLEUX A. et TRICART J. Prés. d'ouvr., 313.
 CAIRE A. La structure de l'Azrou Shhir (Tell algérien méridional), 236.
Calcaires oolithiques. DELEAU P. et MARIE P., 225.
 CALLOUVIEN. GARDET G. et MAYOT R., 415.
Calvados. LEMAITRE H., 307.
Camargue. BEAUFORT L., BRUNEAU J., GREPIN A. et JULIAN Y., 175.
Cannes. NESTEROFF V. D., 368.
Cantal (Dpt). ROUX J., 381.
Cap Vert. POUQUET J., 349.
Carbonifère. GREBER Ch., 431. — Louis J., 141. — YALÇINLAR I., 23.
 CARRETTE G. Obs. au C. R. de la Réunion. extr., 439.
Cartes. Afrique. FURON R., 277. — *géomorphologiques*. TRICART J., 739.
Casablanca. DESTOMBES J. et JEANNETTE A., 149.
 CASALIS M. Découverte de fossile à Réunion. extr., 478.
 CASTANY G. Le niveau à Strombes de Tunisie : sa place dans la chronologie préhistorique et la paléographie du Quaternaire, 55. — Les grands traits structuraux de la Tunisie, 124, 151.
 CASTERAS M. Voir LAMARE P., 390.
Catalogne. MASACHS V., CRUSAFONT M. et DE VILLALTA J. F. DE, 304.
Caussols (Nappe de). PARENT H., 509.
Cergy (Ballastière de). VATAN A. et BOYER F., 647.
Champigny (Calcaire de). ABRARD R., 388.
 CHAPUT M., LOMBARD J., LORMAND J. et MICHEL H. Granites et traces d'étain dans le Nord-Cameroun, 230, 373.
Charente (Dpt). DEPAPE G., FLORSCHÜTZ F. et GUILLIEN Y., 193. — HERBINGER Cl. et GEFFROY J., 226.
Charophytes. GRAMBAST L. et N., 95.
 CHAVAN A. Voir CAILLEUX A., 312.
Cher (Dpt). VALENSI L., 80.
Cherchell. GIGOUT M., 89.
 CHEVALIER J. P. Sur quelques espèces d'Anthozoaires du Nummulitique des environs de Blaye (Gironde), 61, 61.

Cirripèdes. SAINT-SEINE R. DE, 447.
Civrieux d'Azergues. DAVID L., 189.
CIZANCOURT M. DE. Quelques commentaires sur *Miscellanea antillea* (HANZAWA) M. DE CIZANCOURT et *Operculinoides georgianus* COLE et HERRICK, 178.
CIZANCOURT M. DE et CUVILLIER J. Les Nummulites cordelées du Sénégal occidental, 130.
COGNÉ J. Schistes cristallins et granites en Bretagne méridionale : à propos des « hälleflints », 400, 729.
Coiron (basaltes). RUTTEN M. G. et DEN BOER J. C., 106.
COLLOMB P. Linéation et tectonique en réseau dans le Rouergue (note préliminaire), 69. — Les phases du métamorphisme en Rouergue, 400, 715.
Colorimétrie des sédiments. ALIMEN H., 609.
Combeaufontaine. GARDET G. et MAYOT R., 415.
CONEY. Découverte fossile à Réunion, extr., 477.
Confolens. HERBINGER Cl. et GEFROY J., 226.
Congo belge. SAINT-SEINE P. DE, 331.
CONTAUT H. Obs. au C. R. de la Réunion, extr., 456.
Continental intercalaire. KARPOFF R., LAVOCAT R. et ROUAIX S., 11.
Coprolithes de Crustacés. CUVILLIER J., 51.
Corse (Dpt). LAPORTE J., 81, 203. — OTTMANN F., 565.
Côtes. RIVIÈRE A., 374. — *Afrique* : BOURCART J. et GLANGEAUD L., 751. — GUILCHER A., 201, 372. — PIMIENTA J., 204. — *Pouquet J.*, 349. — *Atlantique (France)* : BAUDOUIN R., 571. — FRIDMAN R., 203. — LAFOND L. R., 394, 419. — *Languedoc* : VERNHET, 203. — *Provence* : RIVIÈRE A., 206. — *Sicile* : DUBOUL-RAZAVET C., 206.
Coulgens. DEPAPE G., FLORSCHÜTZ F. et GUILLIEN Y., 193.
COUSTEAU J. Y. Voir BOURCART J.
Crétacé. EMBERGER J., 48. — FAURE H., 309. — KARPOFF R., LAVOCAT R. et ROUAIX S., 11. — LAMARE P. et CASTERAS M., 390. — VATAN A., 201.
 — *inférieur.* DURAND DELGA M., 134. — STCHÉPINSKY A., 485. — STCHÉPINSKY V., 597.
 — *moyen.* BOLZE J., 139.

— *supérieur.* AUROUZE G. et KLASZ I. DE, 97. — FAURE-MURET A. et FALLOT P., 111. — TESSIER F., 25.
CRUSAFONT M. Voir MASACHS V., 304.
CRUSAFONT M., VILLALTA J. F. DE et TRUYOLS J. Caractéristiques de l'Éocène continental du bassin de Tremp (Lerida, Espagne), 303.
Crustacés. CUVILLIER J., 51. — REMY J. M. et TESSIER F., 185.
Cryoturbation. BOURDIER F., 181.
CUVILLIER J. Niveaux à coprolithes de Crustacés, 106, 51. — Voir CIZANCOURT M. DE, 130. — A propos des « Corrélations stratigraphiques par microfaciès en Aquitaine occidentale », 188, 233.
CUVILLIER J. et DEBOURLE A. Découverte du Jurassique terminal et du Néocomien en Aquitaine occidentale et méridionale. 75. — Dispersion du Jurassique terminal et du Néocomien en Aquitaine occidentale, 408.

D

Dahomeyen. RADIER H., 3.
Daims. PATTE E., 346.
DALLONI M. Sur la faune néocomienne du Tell algérien et la présence en Afrique du Nord des Ammonites de la famille des Oostérellidés, 88.
Damblain (Forage de). GUILLAUME L. et MINOUX G., 515.
DANGEARD L. Notice nécrologique sur A. BIGOT, 220, 341. — Obs. comm. F. OTTMANN, 569.
DANZÉ-CORSIN P. Prés. d'ouv., 179.
DAVID L. Sur la présence des structures stylolithiques et pseudostylolithiques dans le calcaire aalénien de Civrieux d'Azergues (Rhône), 189.
DAVID L. et FLANDRIN J. Sur la présence de Miocène à Miogypsines dans les monts de la Haute-Medjerda (Algérie), 230, 415.
DEBELMAS J. Voir BLOCH J. P., 435.
DEBOURLE A. Voir CUVILLIER J., 75, 408.
DEBRENNE F. Étude des terrains rattachés au Valanginien dans le département de l'Aube, 363, 525.
DEBYSER J. Obs. comm. C. LALOU, 371. — Les horizons biochimiques des sédiments actuels, 375. — Obs. comm. R. BAUDOUIN, 584.
DEFLANDRE A. Systématique des

- Hystriosphæridés : sur l'acceptation du genre *Cymatiosphaera* O. WETZEL, 257.
- DEFLANDRE-RIGAUD M. Microfossiles des silex sénoniens du Bassin de Paris, 58.
- DE GEER E. H. Géochronologie par la méthode des varves en Scandinavie 180.
- DEICHA G. Obs. comm. P. LAFFITTE, 47. — Obs. comm. J. GOGUEL, 75.
- DELAMARRE DE MONCHAUX. Nécrologie, 208.
- DELEAU P. Le faisceau houiller du Namurien des bassins du Sud-Oranais, 108. — Le cycle sédimentaire du Namurien néritique des bassins houillers du Sud-Oranais, 120. — Précisions sur la tectonique du Djebel Rhedir (Chaîne numidique, Constantine), 169. — Prés d'ouvr., 179.
- DELEAU P. et MARIE P. Les calcaires oolithiques du Namurien du Sud-Oranais et leur faune de Foraminifères, 225.
- DELMAS M. et DIENESCH J. Présence de Néocomien sur le flanc nord du Pic de Rébénacq (B.-Pyr.), 357.
- Deltas (remblaisements cycliques)** PIMENTA J., 204.
- DEMARCO G. Présence des sables d'Auteuil à Rueil-Malmaison, 302. — Stratigraphie des faciès continentaux de l'Éocène inférieur entre Sézanne (Marne) et Moret (Seine-et-Oise), 349. — Sparnacien, Cuisien et Stampien des plateaux sénonais du Bassin parisien, 410.
- DEN BOER J. C. Voir RUTTEN M. G., 106.
- DEPAPE G. Les plantes fossiles des argiles de Coulgens (Charente), 138, 195.
- DESTOMBES J. Sur la présence du Llanvirn à minerai de fer oolithique dans l'anticlinal de Tiflet (Maroc), 294.
- DESTOMBES J. et JEANNETTE A. Observations stratigraphiques nouvelles dans la Meseta côtière marocaine, aux environs de Casablanca, 149.
- DESTOMBES J., JEANNETTE A. et NERAT DE LESGUISE M. Quelques précisions sur la tectonique hercynienne dans la Meseta côtière, aux environs de Casablanca, 195.
- DESTOMBES J. P. et RAGUIN E. Le Pic de Montcalm et le massif de l'Aston dans les Pyrénées ariégeoises, 279.
- DEUNFF J. Sur le microplankton du Gothlandien armoricain, 54. — Microorganismes planctoniques (Hystriosphères) dans le Dévonien du Massif armoricain, 239. — *Veryhachium*, genre nouveau d'Hystriosphères du Primaire, 305.
- Dévonien.** DEUNFF J., 239. — **inférieur.** GIGOUT M., 234.
- DEVRIÈS A. Sur l'hétérogénéité des pores ambulacraires chez *Heteraster oblongus* d'ORB. 1853, 342.
- DIENESCH J. Voir DELMAS M., 357.
- Dinosauriens.** LAPPARENT A.-F. DE, 409.
- Djebel Rhedir.* DELEAU P., 169.
- Djurdjura (Stratigraphie).* FLANDRIN J., LAPPARENT A. F. DE et TRUMPY R., 259.
- DOLLÉ P. et SARROT-REYNAUD J. Étude de quelques « tonstein » du Nord de la France, 286.
- DREYFUSS M. Le Jura dans les mers du Jurassique supérieur. Essai sur la sédimentation et la paléogéographie dans leurs rapports avec les déformations, 59.
- DUBERTRET L. Prés. d'ouvr., 247.
- DUBOIS G. Notice nécrologique, 220, 255.
- DUBOUL-RAZAVET C. Rôle des apports organiques (coquilliers) dans l'équilibre sédimentaire de certains rivages : la plage de Mondello (Sicile), 206.
- DURAND DELGA M. A propos de : *Bochianites* » *superstes* PERV. : remarques sur les Ammonites droites du Crétacé inférieur, 134. — Obs. comm. P. DELEAU, 171. — Obs. comm. G. DUROZOY et MAGNÉ J., 625.
- DUROZOY G. et MAGNÉ J. Existence de l'Éocène moyen et supérieur dans la région de Redjas-Ferada au NW de Constantine (Algérie), 388, 621.
- Dynamométamorphisme.** PERRIN R., 67.

E

Eau supercritique. GOGUEL J., 42.

Echinides. BASSE E., KARRENBURG H., LEHMAN J. P., ALLOITEAU J. et LEFRANC J. Ph., 655. — DEVRIÈS A., 343. — ROMAN J., 689.

Eléphants. PATTE E., 505.

ELLENBERGER F. Migmatites d'âge permien dans la zone houillère briançonnaise (Alpes occidentales), 64. — [Prés. d'échantillons], 399. — Réunion extraordinaire : excursions des 5 sept., 445 ; 6 sept. m., 454 ; 7 sept. a. m., 470 ; 8 sept., 475 ; 9 sept. m., 480 ; 10 sept., 486 ; 11 sept., 494 ; obs. C. R., 445 et suiv. — Obs. comm. B. GÈZE, 465.

EMBERGER J. Présence d'*Agria maritensis* d'ORB. et de *Praeradiolites pulchellus* VIDAL dans les terrains crétacés du bassin du Hodna (Alg.), 48. — Notes sur la stratigraphie et la paléontologie de l'Aptien de Bordj Oultem, région de Bou Saâda (Algérie), 50, 145. — L'Albien supérieur des monts des Oulad-Nails au S du Hodna, Atlas saharien, (Algérie), 354. — Découverte de Jurassique supérieur à Ammonites dans l'Atlas saharien (Algérie), 383.

Éocène. DUROZAY G. et MAGNÉ J., 621. — GUEIRARD S., 421. — HOFSTETTER R., 422. — CRUSAFONT M., VILLALTA J. F. DE et TRUYOLS J., 303.

— inférieur. VAYSSE A. et FEUGUEUR L. 475.

— supérieur. VEILLON M. et VIGNEAUX M., 414.

Eocrinoides. TERMIER H. et G., 92.

Erosion littorale. RIVIÈRE A., 374.

ESCANDE H. et THIÉBAUT J. Caractères généraux des migmatites du massif des Trois-Seigneurs (Ariège), 300.

Espagne. CRUSAFONT M., VILLALTA J. F. DE et TRUYOLS J., 303. — MASACHS V., CRUSAFONT M. et VILLALTA J. F. DE, 304.

Espelette. LAMARE P. et CASTERAS M., 390.

Étain. CHAPUT M., LOMBARD J., LORMAND J. et MICHEL H., 373. — HERBINGER Cl. et GEFFROY J., 226.

EXNER C. Voir KUPPER H., 125.

F

FABIANI. Nécrologie, 273.

FABRE J. Réunion extraordinaire : excursions des 5 sept., 451 ; 11 sept., 494 ; obs. au C. R., 482.

FACON R. A propos des sables pliocènes du S de la Vendée, 52.

Facture. SCHOELLER H., 360.

FALLOT P. Voir FAURE-MURET A., 71, 111. — Notice nécrologique sur M. LUGEON, 220, 303.

Famennien supérieur. PETTER G., 11.

Faunes froides. BOURDIER F., 76. — PAQUE A., 122.

FAURE H. Géologie des régions du N du Tchad (Territoire du Niger), 309.

FAURE-MURET A. et FALLOT P. La formation à *Microcodium* au pourtour de l'Argentera-Mercantour, 71, 111.

FENET D. Voir ALIMEN H., 183.

FERMOR L. L. Nécrologie, 273.

FEUGUEUR L. Voir VAYSSE A., 253,

475. — Voir GIRARD D'ALBISSIN M., 254.

FEYS R. Présence probable de dépôts marins dans le Paléozoïque briançonnais, 253, 443. — Observations nouvelles sur l'origine des anthracites briançonnais (note préliminaire), 403. — Obs. au C. R. de la R. E., 452.

Finistère (Dpt). DEUNFF J., 54. — LAFOND L. R., 394.

FLANDRIN J. Voir DAVID L., 230, 415.

FLANDRIN J., LAPPARENT A. F. DE et TRÜMPY R. Modifications et précisions apportées à l'échelle stratigraphique du Djurdjura (Algérie), 259.

Flexure continentale. BOURCART J. et GLANGEAUD L., 751.

FLORSCHÜTZ F. Diagramme pollinique d'une argile de Coulgens (Charente), 138, 198.

Flysch. RECH-FROLLO M., 282. — VATAN A., 201.

Fontaine (*Tertre de*). BUTEL P., 274, 393.

Foraminifères. ABRARD R., 145. — AUROUZE G. et BOULANGER D., 186. — AUROUZE G. et KLASZ I. DE, 97. — BOURDON M. et LYS M., 306. — BUTTERLIN J., 280. — CIZANCOURT M. DE, 178. — CIZANCOURT M. DE et CUVILLIER J., 130. — DAVID L. et FLANDRIN J., 415. — DELEAU P. et MARIE P., 225. — LE CALVEZ Y. et LEFAVRAIS A., 137. — NEUMANN M., 113, 55. — NEUMANN M. et BOULANGER D., 114. — REY M., 209. — VEILLON M. et VIGNEAUX M., 414.

Fort-Flatters. LEFRANC J. Ph., 424.

FOURMARIER P. Notice nécrologique sur Emm. DE MARGERIE, 220, 281.

- FOURNIER H. Essais de cartes hydrologiques provisoires en Turquie, 221.
- FRADIN J. Obs. comm. M. DURAND DELGA, 137.
- Frêtes (Montagne des)*. PERRIER DE LA BATHIE A. et GANDILLOT J., 382.
- Fribourg (Suisse)*. RECH-FROLLO M., 282.
- FRIDMAN R. Présence de rides obliques sur certaines plages du littoral atlantique de la France, 203.
- FRIEDEL E. Obs. comm. P. LAFFITTE, 47.
- FROMENT P. Nécrologie, 380.
- FURON R. Prés. d'ouvr., 248. — Présentation d'une troisième maquette de la carte structurale de l'Afrique, 277.
- G**
- Gan*. AUROUZE G. et BOULANGER D., 186.
- GANDILLOT J. La photographie aérienne au service de la géologie, 64. 45. — Présentation de trois pétrothèques, 177. — Voir PERRIER DE LA BATHIE A., 382.
- GARDET G. et MAYOT E. Quelques mots sur le Callovien des environs de Combeaufontaine (Haute-Saône), 415.
- GAUTIER M. Nécrologie, 273.
- GEFFROY J. Voir HERBINGER C., 226.
- Géomorphologiques (Cartes)**. TRICART J., 739.
- Géothèque**. GANDILLOT J., 177.
- GÉRARD Ch. Nécrologie, 209.
- GERMA J. Voir GOGUEL J., 33.
- GÈZE B. Allocution, 6. — Sur la tectonique des Causses du Quercy, 120, 453. — [Présentation de photographies], 221. — A propos des nappes du versant méridional de la Montagne Noire (Hérault), 242. — Obs. au C. R. de la Réunion, extr., 445.
- GIDON M. Observations tectoniques sur la haute vallée de l'Ubaye, 193.
- GIDON P. Obs. au C. R. de la Réunion, extr., 440, 456, 468 ; découverte de fossiles, 478.
- GIGNOUX M. Lettre adressée à la Réunion, extr., 490.
- GIGOUT M. Contribution à l'étude du Quaternaire ancien des environs de Ténès et Cherchel (Algérie), 122, 89. — A propos du Gothlandien et du Dévonien inférieur de Mechra ben Abbou (Maroc occidental), 234. — Sur les alluvions récentes des oueds du Maroc océanique, 266.
- GILLET S. Étude sur l'Oligocène supérieur d'Alsace, 61, 25.
- GIRARD D'ALBISSIN M. et FEUGUEUR L. Présence du calcaire de Sannois à Vaux-sur-Seine, 254.
- Gironde (Dpt)*. BOURDON M. et LYS M., 306. — CHEVALIER J. P., 61. — MOYES J. et VIGNEAUX M., 413. — SCHOELLER H., 360. — VEILLON M. et VIGNEAUX M., 414.
- Gîtes métallifères**. GUITARD G., 172.
- Glaciaire (morphologie)**. BROCHU M., 312. — YALCINLAR I., 296.
- Glaciation infra-cambrienne**. GRAINDOR M. J., 17.
- GLANGEAUD L. Voir BOURCART J., 375, 751.
- Gneiss oillés**. ELLENBERGER F., 399.
- GOGUEL J. Quelques conséquences du comportement physique de l'eau dans le métamorphisme, 42. — Prés. d'ouvr., 61. — Obs. comm. M. LEMOINE, 69. — A propos de la composition des amphibolites, 71. — Obs. comm. M. G. RUTTEN et J. C. DEN BOER, 108. — Une capture subactuelle dans les Hautes-Alpes, 181. — Rapport sur l'attribution du *prix Prestwich* à MM. G. MERLA et L. TREVISAN, 211. — A propos de la profondeur des dépôts des marnes à Ammonites pyriteuses, 222. — Réunion extraordinaire : excursion du 6 sept. a. m., 458 ; obs. au C. R., 455 et suiv. — Obs. comm. J. GANDILLOT, 50.
- GOGUEL J., MAINGUY M., GOTTIS M., et GERMA J. Prés. d'ouvr., 33.
- Gothlandien**. — DEUNFF J., 54. — GIGOUT M., 234.
- GOTTIS C. et SAINFELD P. Observations générales sur le Trias de Tunisie, 262.
- GOTTIS M. Voir GOGUEL J., 33.
- GRAINDOR M. J. Note préliminaire sur la glaciation infracambrienne dans le Massif armoricain, 48, 17.
- GRAMBAST L. et N. Sur deux espèces de Charophytes du Bartonien du Bassin de Paris, 95.
- GRANGEON P. Obs. comm. M. G. RUTTEN et J. C. DEN BOER, 108.
- Granulométrie**. ALIMEN H. et FENET D., 183. — KOLB Th., 29. — (**Limites des fractions**). CAILLEUX A., 643.

Gravimétrie. LOUIS J., 141.

GREBER Ch. Flore et stratigraphie du terrain houiller de la région de Lons-le-Saunier (Jura), 253, 431. — Obs. au C. R. de la Réunion. extr., 453.

GRÉKOFF N. Sur l'évolution et la répartition de quelques genres d'Ostracodes dans la série géologique post-paléozoïque, 333.

GREPIN A. Voir BEAUFORT H., 149, 175.

Grès à ciment calcaire. POUQUET J., 349.

— à ciment originel. RECH-FROLLO M., 377.

— du Planet. LEMAITRE H., 307.

GRUBINGER H. Voir KUPFER H., 125.

GUBLER Y. Obs. comm. A. FAURE-MURET et P. FALLOT, 137.

GUEIRARD S. Sur l'âge de l'ankarite de Rougiers (Var) et ses relations avec le Trias environnant, 261, 421.

GUÉRIN S. Sur la présence de Lias fossilifère entre Thoiriette et Turgon (Jura), 157.

GUILCHER A. Présence de crêtes et sillons obliques sur la plage de la Langue de Barbarie (Sénégal), 201. — Prés. d'ouvr., 269. — Caractères du récif-barrière de la côte nord-ouest de Madagascar, 372.

GUILLEAUME L. et MINOUX G. Deux regards nouveaux sur le substratum antétriasique à l'W des Vosges : les forages de Ravenel et de Damblain, 307, 515.

GUILLIEN Y. Position stratigraphique des argiles fossilifères de Coulgens (Charente), 138, 193.

GUITARD, G. Classification, position et âge des gîtes métallifères dans les Pyrénées orientales, 172.

II

Haïti. BUTTERLIN J., 280. — MITCHELL R. C., 284.

Hérault (Dpt). GÈZE B., 222, 242. — LAPPARENT A. F. DE, 409.

HERBINGER C. et GEFFROY J. Le district wolframifère et stannifère de Confolens (Charente), 226.

Hodna. EMBERGER J., 48, 354.

HOFFSTETTER R. Sur la position systématique de *Necrosaurus*, Saurien de l'Éocène européen, 422.

HOLTZSCHERER J. et BAUER A. Prés. d'ouvr., 396.

Homme fossile. ARAMBOURG C., 406.

Honaz-Dag. YALÇINLAR I., 296.

Houiller (bassin, Jura). GREBER Ch., 431.

HUENE F. VON et MAUBEUGE P. L. Sur quelques restes de Sauriens du Rhétien et du Jurassique lorrains, 86, 105.

HUPÉ P. A propos de la suture faciale de *Bouleia dagincourti* ULRICH, 394, 713. — Prés. d'ouvr., 397. — A propos des organes de Pander des Trilobites, 422, 701.

Huveaune (Vallée de l'). BONIFAY E., 31.

Hydrogéologie. ROUX J., 381.

Hystrichosphères. DEFLANDRE G., 257. — DEUNFF J., 54, 239, 305.

I

Illite. KULBICKI G., 361.

Infra-Cambrien. GRAINDOR M. J., 17.

Isère (Dpt). Réun. extr., 435.

Islande. BOUT P., 159. — RUTTEN M. G. et VAN BEMMELN R. W., 14.

J

JEANNETTE A. Voir DESTOMBES J., 149, 195.

JODOT P. Obs. comm. F. BOURDIER, 79. — Obs. comm. M. de CIZANCOURT et J. CUVILLIER, 133. — Mollusques de petite dimension des formations continentales ludienne, sannoisienne et stampienne du Jura méridional et de la Haute-Savoie, 333, 537. — Obs. comm. J. CUVILLIER, 54. — Obs. comm. A. FAURE-MURET et P. FALLOT, 137. — Obs. comm. J. CUVILLIER, 235.

JOLY F. et MARGAT J. Le déversement de l'Oued Ziz et l'évolution récente du réseau hydrographique dans la plaine du Tafilalet (SE marocain), 292.

JULIAN Y. Voir BEAUFORT H., 149, 175.

JUNG J. Allocation, 4, 208. — Obs. comm. F. ELLENBERGER, 67. — Obs. comm. P. COLLOMB, 71. — Obs. comm. J. GOGUEL, 75.

JUNG J. et LAMBERT R. Note sur une ancienne lave basique transformée

en roche verte, des formations birimienne de la Haute-Volta, 399.
Jura (Dpt). GREBER Ch., 431. — GUÉRIN S., 157. — LE CALVEZ Y. et LEFAVRAIS H., 137. — PELLETIER M., 245. — VINCIENNE H., 342.
Jurassique. HUENE F. VON et MAUBEUGE P. L., 105. — STCHÉPINSKY V., 19.
 — **supérieur.** BASSE E., KARRENBERG H., LEHMAN J. P., ALLOITEAU J. et LEFRANC J. Ph., 655. — CUVILLIER J. et DEBOURLE A., 75, 408. — EMBERGER J., 383. — SAINT-SEINE P. DE, 331.
 JUVILLE H. Nécrologie, 273.

K

KARPOFF R., LAVOCAT R. et ROUAIX S. Sur le Crétacé continental et ses gisements de Vertébrés entre le plateau d'Asselar et la frontière algéro-soudanaise, 11.
 KARRENBERG H. Voir BASSE E., 393, 655.
Kimméridgien. SITTLER CL., 338.
 KLASZ I. DE. Voir AUROUZE G., 120, 97.
 KOLB T. Granulométrie comparée du Permien et du Trias des régions de Rougemont-le-Château-Leval (Territoire de Belfort) et de Lauw (Haut-Rhin), 29. — L'oolithe ferrugineuse du Lias moyen et de l'Aalénien de la région au S et au SE de Langres (Hte-Marne), 82.
Koumac. POMEYROL R., 85.
 KULBICKY G., Sur la genèse des argiles tertiaires molassiques et lacustres en Aquitaine, 361.
 KUPPER H., EXNER C. et GRUBINGER H. Prés. d'ouvr., 125.

L

La Celle-Bruère. VALENSI L., 80.
 LACROIX E. Nécrologie, 209.
 LAFFITTE P. Volume occupé par les divers éléments dans les roches, 44.
 LAFOND L. R. Sur des systèmes de rides observés localement sur certaines plages de Bretagne, 394. — Formation de beach-cusps embryonnaires sur la plage de Carnac (Morbihan), 419.
 LALOU C. Sur un mécanisme bactérien possible dans la formation des

dépôts de carbonates dépourvus d'organismes, 369.
 LAMARE P. Superposition des mouvements orogéniques anté-aptiens, anté-cénomaniens et éocènes sur la lisière septentrionale des Pyrénées basquès, 110.
 LAMARE P. et CASTERAS M. Sur l'âge des formations détritiques crétacées des environs d'Espelette (B.-P.), 390.
 LAMBERT R. Voir JUNG J., 399.
Landes (Dpt). NEUMANN M. et BOULANGER D., 114.
Langres. KOLB Th., 82.
Langson (*Brèches de*). PATTE E., 505.
 LANTEAUME M. Sur l'âge des lignites de la Roya, 102.
 LAPADU-HARGUES P. Obs. comm. J. GOGUEL, 73. — Prés. d'ouvr., 117.
 LAPORTE J. Les écaillies de Maccinaggio (Corse), 42, 81. — Faciès de métamorphisme profond et de rétro-morphose au NW du cap Corse, 156, 203.
 LAPPARENT A. F. DE. Voir AMBROGGI R., 50. — Nouvelle révision des gisements à Dinosauriens de la région de Saint-Chinian (Hérault), 230, 409. — Voir FLANDRIN J., 259.
Largentièrre. PALM Q. A., 627.
La Roya (*Lignites de*). LANTEAUME M., 102.
 LATREILLE M. Un équivalent de la « Brèche du Télégraphe » dans l'Oxfordien de la région d'Anceles (massif de Piolit, Htes-Alpes, zone subbriançonnaise), 230.
 LAUGIER R. Voir AVIAS J., 56. — Observations stratigraphiques récentes sur le Lias lorrain, 386.
Lautaret. BELLAI P., 417.
Lave basique. JUNG J. et LAMBERT R., 399.
 LAVOCAT R. Voir KARPOFF R. 11. — [A propos des découvertes de P. de Saint-Seine], 14.
 LE CALVEZ Y. et LEFAVRAIS A. Extension de la mer miocène en Bresse (note préliminaire), 137.
 LECOINTRE G. Prés. d'ouvr., 61. — Obs. comm. F. FLORSCHÜTZ, 201. — Obs. comm. F. OTTMANN, 570.
 LEFAVRAIS A. Voir LE CALVEZ Y., 137.
 LEFRANC J. P. Un Siluridé dans le Quaternaire ancien de Fort-Flatters (Sahara central), 424. — Voir BASSE E., 393, 655.

M

- LEHMAN J. P. La position systématique des Intasuchidés, 233. — [Mission à Madagascar], 333. — Voir BASSE E., 393, 655.
- LEMAITRE H. Le « Grès du Planet », niveau silicifié du Bathonien du Bessin (Calvados). Note préliminaire, 307.
- LEMOINE M. Sur le problème des rapports entre zone du Briançonnais et Schistes lustrés aux latitudes de Briançon et du Queyras, 67. — Obs. au C. R. de la Réunion. extr., 447 et suiv.
- LESSERTISSEUR J. Traces fossiles d'activité animale et leur signification paléobiologique, 242.
- LEVÊQUE P. Prés d'ouvr., 32.
- Lherzolite. VIERS G., 144.
- Lias. GUÉRIN S., 157. — KOLB Th., 82. — LAUGIER R., 386. — SAINT-SEINE R. DE, 447.
- Liban. MONGIN G., 501.
- LIENHARDT G. et RICOUR J. Les zones ultrahelvétiques du pourtour de la nappe de la brèche du Chablais (Hte-Savoie) (note préliminaire), 103.
- Limons loessiques. BONIFAY E., 351.
- Linéation. COLLOMB P., 69.
- LIVET G. Prés. d'ouvr., 318.
- Llanvirn. DESTOMBES J., 294.
- Loire. BERTHOIS L. et BARBIER M., 237.
- LOMBARD Aug. Obs. au C. R. de la Réunion. extr., 474.
- LOMBARD J. Voir CHAPUT M., 230, 373.
- Lons-le-Saunier. GREBER Ch., 431.
- LORMAND J. Voir CHAPUT M., 230, 373.
- Lorraine. RICOUR J., 401. — HUENE F. VON et MAUBEUGE P. L., 105.
- LOUIS J. Comparaison entre une étude géologique et une étude géophysique (par gravimétrie) dans le bassin de Blanzay, 141. — Prés. d'ouvr., 179.
- Luçon (Philippines). SAURIN E., 290.
- Ludien. ABRARD R., 388. — JODOT P., 537. — MASACHS V., CRUSAFONT M. et VILLALTA J. F. DE, 304. — VINCENNE H., 342.
- LUGEON M. Notice nécrologique, 220, 303.
- Lutétien supérieur. NEUMANN M., 113.
- LYS M. Voir BOURDON M., 336.
- Macinaggio (Écailles de). LAPORTE J., 81.
- Madagascar. GUILCHER A., 372. — LEHMAN J.-P., 333.
- Maestrichtien. AMBROGGI R. et LAPPARENT A.-F. DE, 50.
- MAGNÉ J. Voir DUROZOY G., 388, 621.
- MAINGUY M. Voir GOGUEL J., 33.
- Manganèse (gisements). AVIAS J., 17. — ROUTHIER P., 198.
- MARGAT J. Voir JOLY F., 292.
- MARGAT J. et TALTASSE P. Existence d'un golfe pliocène dans la partie occidentale du couloir sud-rifain (Maroc), 190.
- MARGERIE Emm. DE. Notice nécrologique, 220, 281.
- MARIE P. Voir DELEAU P., 225.
- Marne (Dpt). VAYSSE A. et FEUGUEUR L., 475.
- Marne (Haute-) (Dpt). BERTRAND L., 585. — DEBRENNE F., 525. — GUILLAUME L. et MINOUX G., 515. — KOLB Th., 82. — STCHÉPINSKY A., 485. — STCHÉPINSKY V., 19, 597.
- Maroc. AMBROGGI R. et LAPPARENT A. F. DE, 50. — BOURCART J. et GLANGEAUD, L. 751. — DESTOMBES J., 294. — DESTOMBES J. et JEANNETTE A., 149. — DESTOMBES J., JEANNETTE A. et NÉRAT DE LESGUISE M., 195. — GIGOUT M., 234, 266. — JOLY F. et MARGAT J., 292. — MARGAT J. et TALTASSE P., 190. — REY M., 209.
- MASACHS V., CRUSAFONT M. et VILLALTA J. F. DE. Sur l'âge du gisement potassique de la Catalogne, 304.
- MARTIN S. Voir BATTISTINI R., 292.
- Massif armoricain. COGNÉ J., 729. — DEUNFF J., 239. — GRAINDOR M. J., 17.
- Massif Central. COLLOMB P., 69, 715. — GÈZE B., 453. — LOUIS J., 141. — MICHEL R., 139. — ROUX J., 381.
- MATSCHEWSKI. Obs. comm. B. GÈZE, 222.
- MATTAUER M. Remarques sur la tectonique des environs de Constantine (Algérie), 228.
- MAUBEUGE P. L. Voir HUENE F. VON 86, 105.
- Maurienne. Réunion. extr., 435.
- MAYOT R. Voir GARDET G., 415.

Mechra ben Abbou. GIGOUT M., 234.
Medjerda (Delta). PIMIENTA J., 204.
 — (*Monts de la Haute*). DAVID L. et FLANDRIN J., 415.
Ménerville (granodiorite de). MURAOUR P., 89.
 MENET. Obs. au C. R. de la Réunion. extr., 470.
 MERLA G. Attribution du *prix Prestwich*, 211.
Métallogénie (Pyrénées). GUITARD G., 172.
Métamorphisme. GOGUEL J., 42.
 — **régional**. *Alpes*. LEMOINE M., 67. — PERRIN R., 67. — Réunion. extr., 435. — *Corse*. LAPORTE J., 203. — *Massif Central*. COLLOMB P., 715. — *Pyrénées*. THIÉBAUT J., 21.
Meurthe-et-Moselle (Dpt). AVIAS J. et LAUGIER R., 56. — LAUGIER R., 386.
Meuse. PAQUE A., 122. — STCHÉPINSKY V., 597.
 MICHEL H. Voir CHAPUT M., 230, 373.
 MICHEL R. Étude géologique et pétrographique du sill de Mirefleurs (Comté d'Auvergne), 122, 139. — Réunion extraordinaire : excursion du 7 sept. m., 463 ; obs. au C. R., 446, 450.
 MICHOT P. Obs. au C. R. de la Réunion. extr., 458 et suiv.
Microcodium. CUVILLIER J., 233. — FAURE-MURET A. et FALLOT P., 111.
Microfaciès. CUVILLIER J., 233.
Microfossiles des sillex. DEFLANDRE-RICAUD M., 58.
Microplankton paléozoïque. DEUNFF J., 54, 239, 305.
Migmatites. ESCANDE J. et THIÉBAUT J., 300. — ELLENBERGER F., 64.
Milazzo. OTTMANN F. et PICARD J., 395.
 MINOUX G. Voir GUILLAUME L., 307, 515.
Miocène. DAVID L. et FLANDRIN J., 415. — LE CALVEZ Y. et LEFAVRAIS A., 137. — POMEYROL R., 85. — SAURIN E., 290.
Mirefleurs (Sill de). MICHEL R., 139.
 MITCHELL R. C. Le Tertiaire de Porto Rico et le développement tertiaire des Grandes Antilles, 179, 213. — Observations sur la géologie de Haïti, 284.
Mollusques continentaux. JODOT P., 537.

Mondello. DUBOUL-RAZAVET C., 206.
 MONGIN D. Description d'un nouveau Lamellibranche : *Nucula renouardi n. sp.* du Portlandien du Liban, 292, 501.
Montagne Noire. GÈZE B., 242.
Montainville. BALAVOINE P., 385.
Montcalm (Pic de). DESTOMBES J.-P. et RAGUIN E., 279.
Morbihan (Dpt). LAFOND L.-R., 419.
 MORET L. Réunion extraordinaire : Présidence, 441-470 ; obs. au C. R., 440 et suivantes.
 MOYES J. et VIGNEAUX M. Observations sur des Ostracodes des couches aquitaniennes de Villandraut (Gironde), 413.
 MURAOUR P. Contribution du massif de granodiorite de Ménerville (Algérie) à l'élaboration des formations sédimentaires environnantes, 89.
Mylonites. COGNÉ J., 729.

N

NABHOLZ W. Obs. au C. R. de la Réunion. extr., 451 et suiv.
 NADAL R. Nécrologie, 221.
 NAHAS M. Prés. d'ouv., 152. — Obs. comm. B. GÈZE, 222.
Namurien. DELEAU P., 108, 120. — DELEAU P. et MARIE P., 225.
Nancy. AVIAS J. et LAUGIER R., 56. — LAUGIER R., 386.
Nécrologie. BIGOT A., 341. — BOURQUIN P., 209. — DELAMARE DE MONCHAUX, 208. — DUBOIS G., 255. — FABIANI R., 273. — FERMOR L. L., 273. — FROMENT P., 380. — GAUTIER M., 273. — GÉRARD Ch., 209. — JUVILLE J., 273. — LACROIX E., 209. — LUGEON M., 303. — MARGERIE E. de, 281. — NADAL R., 221. — NIGGLI P., 210. — PELLETIER M., 273. — WRIGLEY A., 210. — ZVEREFF R., 253.
Néocomien. CUVILLIER J. et DEBOURLE A., 75, 408. — DALLONI M., 88. — DEBRENNE F., 525. — DELMAS M. et DIENESCH J., 357.
Néogène. YALÇINLAR I., 359.
 NERAT DE LESGUISE M. Voir DESTOMBES J., 195.
 NESTEROFF V. D. Découverte d'un gisement quaternaire sous-marin dans la baie de Cannes, 368.
 NEUMANN M. Sur un *Cibicides* nou-

- veau du Lutétien supérieur d'Aquitaine : *Cibicides daguerri* n. sp., 113. — Le genre *Linderina* et quelques Foraminifères l'accompagnant dans le Nummulitique d'Aquitaine, 120, 55.
- NEUMANN M. et BOULANGER D. *Discorbis* (*Lamellodiscorbis*) *magna* VIALLI var. *aquitana* nov. var., Foraminifère caractéristique des marnes à *Xanthopsis dufouri* de la Chalosse (Landes), 114.
- NICKLÈS M. Obs. comm. M. DE CIZANCOURT et J. CUVILLIER, 133.
- NIGGLI E. Obs. au C. R. de la Réunion, 450 et suiv.
- NIGGLI P. Nécrologie, 210.
- Nola* (*Région de*). VINCENT P. et WOLFF J. P., 352.
- Nord* (Dpt). DOLLÉ P. et SARROT-RAYNAUD, J. 286.
- Nouvelle Calédonie*. AVIAS J., 17. — POMEYROL R., 85, 773. — ROUTHIER P., 198.
- Nubie* (*Grès de*). BASSE E., KARRENBURG H., LEHMAN J. P., ALLOITEAU J. et LEFRANC J. Ph., 655.
- Nummulites cordelées. CIZANCOURT M. DE et CUVILLIER J., 130.
- (*Phylogénie*). ABRARD R., 145.
- Nummulitique. CHEVALIER J. P., 61. — FAURE-MURET A. et FALLOT P., 111. — NEUMANN M., 55. — REY M., 209.
- ()
- Océanographie. BOURCART J., 557.
- Oise* (Dpt). BALAVOINE P., 255.
- Oligocène. GILLET S., 25. — MURAUROU P., 89. — VINCENNE H., 554.
- O'REILLY STERNBERG H. Sismicité et morphologie en Amazonie brésilienne, 27.
- Ostracodes. GRÉKOFF N., 333. — MOYES J. et VIGNEAUX M., 413. — STCHÉPINSKY A., 485.
- OTTMANN F. Voir BOURCART J., 367. — Le Quaternaire marin du cap Corse, 368, 565.
- OTTMANN F. et PICARD J. Contribution à l'étude du Quaternaire des régions de Palerme et de Milazzo (Sicile), 230, 395.
- Ovadane* (*Dôme de*). GANDILLOT J., 45.
- Oubanghi-Chari*. VINCENT P. et WOLFF J. P., 352.
- Oued Ziz* (déversement). JOLY F. et MARGAT J., 292.
- Oulad Naïls* (*Monts des*). EMBERGER J., 334.
- Oxfordien. LATREILLE M., 230.
- P
- Paléoclimats. ALIMEN H., 609.
- Paléogène continental. JODOT P., 537.
- Paléosols. ALIMEN H., 609.
- Paléozoïque. FEYS R., 443. — THIÉBAUT J., 261, 298.
- Palerme* (*région de*). OTTMANN F. et PICARD J., 395.
- PALM Q. A. Vagnérites et amphibolites de la région de Largentière (Ardèche), 399, 627.
- Palygorskite. VISSE L., 59.
- Palynologie. DEPAPE G., FLORSCHÜTZ F. et GUILLIEN Y., 193. — SITTNER CL., 338.
- Pander (*organes de*). HUPÉ P., 701.
- PAQUE A. Coexistence d'une faune de toundra et d'outillage acheuléen dans les alluvions anciennes du plateau de Vassincourt (Meuse), 122. — [Présentation de photogr.], 181.
- PARENT H. Sur la présence au confluent du Var et de l'Estéron d'une série crétacée-tertiaire renversée, devant le front de la nappe de Caussols, 358, 509.
- Parisien* (*Bassin*). Voir les départements.
- PARKER R., Prés. d'ouv., 366.
- Pas-de-Calais* (Dpt). DOLLÉ P. et SARROT-RAYNAUD J., 286.
- PATTE E. Un Éléphant (*Archidiskodon*) des brèches de Langson (Viet-Nam), 296, 505. — A propos d'une note récente, 346.
- PELLAS P. Obs. comm. P. LAFFITTE, 47.
- PELLETIER M. Nouvelles observations sur le Bajocien supérieur du Jura méridional, 245. — Nécrologie, 273.
- Périglacière (*Morphologie*). RONDEAU A., 225.
- Permien. ELLENBERGER F., 64. — KOLB Th., 29. — LOUIS J., 141.
- Permo-Trias. GUILLAUME L. et MINOUX G., 515. — RICOUR J., 401.
- PERRIER DE LA BATHIE A. et GANDILLOT J. Champ de fracture décelé par la photographie aérienne dans

- l'Urgonien de la montagne des Frêres (Savoie), 382.
- PERRIN R.** Dynamométamorphisme et métamorphisme régional : quelques observations dans la région Briançonnaise, 48, 67.
- Péthrothèque.** GANDILLOT J., 177. — YOUCHTCHENKO P., 186.
- PETTER G.** Famennien terminal aux environs de Béni-Abbès (Sahara nord-occidental), 31, 11.
- Philippines.** SAURIN E., 290.
- PHILIPSBORN H. VON.** Prés. d'ouvr., 33.
- Phosphorites du Quercy.** HOFFSTETTER R., 422.
- Photographie aérienne.** GANDILLOT J., 45. — PERRIER DE LA BATHIE A. et GANDILLOT J., 382.
- PICARD J.** Voir OTTMANN F., 230, 395.
- PIMENTA J.** Cycles deltaïques à l'embouchure de la Medjerda (Tunisie), 204.
- PINCHEMEL P.** Prés. d'ouvr., 313.
- Piolit (massif de).** LATREILLE M., 230.
- Plages (Formation de).** DUBOUL-RAZAVET C., 206. — FRIDMAN R., 203. — GUILCHER A., 201. — LAFOND L. R., 419. — VERNHET S., 203.
- Pléistocène moyen.** ARAMBOURG C., 406.
- Pliocène.** BEAUFORT L., BRUNEAU J., GREPIN A. et JULLIAN Y., 175. — DEPAPE G., FLORSCHÜTZ F. et GUILLIEN Y., 193. — FACON R., 52. — **marin.** MARGAT J. et TALASSE P., 190.
- Plioquaternaires (Mouvements).** RIVIÈRE A., 182.
- Poissons.** BASSE E., KARRENBURG H., LEHMAN J. P., ALLOITEAU J. et LEFRANC J.-Ph., 655. — KARPOFF R., LAVOCAT R. et ROUAIX S., 11. — LEFRANC J.-Ph., 424. — LEHMAN J. P., 333. — SAINT-SEINE P. DE, 331.
- Polypiers.** BASSE E., KARRENBURG H., LEHMAN J. P., ALLOITEAU J. et LEFRANC J.-Ph., 655. — CHEVALIER J.-P., 61.
- POMEYROL R.** Contribution à la connaissance pétrographique de la Nouvelle Calédonie. La région littorale de Tuando-Siounda près de Koumac, 85. — Permanence paléogéographique et faunique de la côte ouest de la Nouvelle Calédonie, 296, 773.
- Pontien.** BEAUFORT L., BRUNEAU J., GREPIN A. et JULLIAN Y., 175.
- Portlandien.** MONGIN D., 501.
- Porto-Rico.** MITCHELL R. C., 213.
- POUQUET J.** Les sables côtiers consolidés de la région de Yof (côte septentrionale de la presqu'île du Cap Vert, Sénégal), 349.
- Potassique (Gisement).** MASACHS V., CRUSAFONT M. et VILLALTA J. F. DE, 304.
- Précambrien.** FURON R., 277. — RADIER H., 3.
- Provence.** RONDEAU A., 225.
- PRUVOST P.** Notice nécrologique sur G. DUBOIS, 220, 255. — Obs. au C. R. de la Réunion, extr., 465 et suiv. — Obs. comm. M. J. GRAINDOR, 24.
- Puy-de-Dôme (Dpt).** MICHEL R., 139.
- Pyrénées.** ALIMEN H., 609. Voir aussi les départements.
- Pyrénées (Basses-) (Dpt).** AUROUZE G. et BOULANGER D., 186. — DELMAS M. et DIENESCH J., 357. — LAMARE P., 108. — LAMARE P. et CASTERAS M., 390. — NEUMANN M., 113. — VIERS G., 144, 410. — (Hautes-) (Dpt). THIÉBAUT J., 21, 261.
- Pyrénées-Orientales (Dpt).** GUITARD G., 172.

Q

- Quaternaire.** ALIMEN H., 609. — ARAMBOURG C., 406. — BONIFAY E., 31. — BOURCART J. et GLANGEAUD L., 751. — BOURDIER F., 76. — CAILLEUX A., 243. — CASTANY G., 55. — GIGOUT M., 266, 89. — JOLY F. et MARGAT J., 292. — LEFRANC J.-Ph., 424. — OTTMANN F. et PICARD J., 395. — OTTMANN F., 565. — PAQUE A., 122. — RONDEAU A., 225. — YALÇINLAR I., 296.
- **sous-marin.** NESTEROFF V. D., 368.
- Quercy (Causses du).** GÈZE B., 453.

R

- RADIER H.** La série dahomeyenne de Takamba dans la boucle du Niger, 27, 3.
- RAGUIN E.** Obs. comm. G. GUITARD, 177. — Voir DESTOMBES J.-P., 279.

— Réunion extraordinaire : Présidence, 470-505 ; obs. au C. R., 440 et suiv.

Ravenel (Forage de). GUILLAUME L. et MINOUX G., 515.

Rébénacq (Pic de). DELMAS M. et DIENESCH J., 357.

RECH-FROLLO M. Les grès du Flysch ultra-helvétique des environs de Fribourg, 206, 282. — Les grès à ciment originel et leurs correspondants actuels, 377.

Récif barrière. GUILCHER A., 372.

Redjas-Ferada. DUROZAY G. et MAGNÉ J., 621.

Régressions glaciéostatiques. CAILLEUX A., 243.

Relief sous-marin. BOURCART J., COUSTEAU J.-Y., OTTMANN F. et SÈGRE A.-G., 367.

REMY J.-M. Obs. comm. R. KARPOFF, R. LAVOCAT et S. ROUAIX, 14. — Sur les Crustacés décapodes du Tertiaire du Bassin parisien, 14.

REMY J.-M. et TESSIER F. Décapodes nouveaux de la partie ouest du Sénégal, 149, 185.

Reptiles (Empreintes de pas). AMBROGI R. et LAPPARENT A.-F. DE, 50.

Rétromorphose. COLLOMB P., 715. — LAPORTE J., 203.

REY M. Description de quelques espèces nouvelles de Foraminifères dans le Nummulitique nord-marocain, 161, 209.

Rhétien. HUENE F. VON et MAUBEUGE P. L., 105.

Rhin (Bas-) (Dpt). GILLET S., 25.

Rhin (Haut-) (Dpt). KOLB Th., 29.

Rhône (Dpt). DAVID L., 189.

RICOUR J. Voir LIENHARDT G., 103. — Obs. comm. Y. LE CALVEZ et A. LEFAVRAIS, 138. — A propos des « grès d'Annweiler » (Permo-Trias de Lorraine), 401. — Obs. au C. R. de la Réunion, extr., 456, 458.

RIVIÈRE A. [Présence de galets roulés dans le Var], 182. — Obs. comm. S. VERNHET, 203. — [Prés. film], 206. — Obs. comm. C. LALOU, 374. — Nouveau procédé de défense des côtes contre l'érosion littorale, 374. — Obs. comm. L. BERTHOIS et M. BARBIER, 241.

RIVIÈRE A. et VISSE L. Le problème de l'origine des sédiments argileux, 201, 467.

Roche verte. JUNG J. et LAMBERT R., 399.

Roches (Volumes atomiques). LAFITTE R., 44.

ROMAN J. Sur le genre *Echinolampas*, 294, 689.

Rond (Suc du). ROUX J., 381.

RONDEAU A. Aspects de la morphologie cryonivale dans le midi de la France, 182, 225.

ROUAIX S. Voir KARPOFF R., 11.

Rouergue. COLLOMB P., 69, 715.

Rougiers. GUEIRARD S., 421.

ROUTHIER P. A propos des gîtes de manganèse de la Nouvelle-Calédonie, 198. — Voir ARNOULD A., 316.

ROUX J. Anomalies hydrographiques d'un sommet du Cantal, 381.

ROYO Y GOMEZ J. Prés. d'ouv., 269.

Rueil-Malmaison. DEMARCO G., 302.

RUSSO P. Les granites de la Volane, 52.

RUTTEN M. G. et VAN BEMMELEN R. W. Sur la genèse des brèches basaltiques d'Islande et la tectonique du SW de cette île, 14.

RUTTEN M. G. et DEN BËR J. C. Inversion de l'aimantation dans les basaltes du Coiron (Ardèche), 106.

S

Sables alvéolaires. BAUDOUIN R., 571.

— **éoliens**. ALIMEN H. et FENET D., 183.

— **remaniés (origine)**. VATAN A. et BOYER F., 647.

Sagada (Calcaires de). SAURIN E., 290.

Sahara. ALIMEN H. et FENET D., 183. — GANDILLOT J., 45. — KARPOFF R., LAVOCAT R. et ROUAIX S., 11. — LEFRANC J.-Ph., 424. — PETTER G., 11.

SAINFELD P. Voir GOTTIS C., 262.

St-Chinian. LAPPARENT A.-F. DE, 409.

St-Dizier. BERTRAND L., 585.

St-Florent (vallée sous-marine). BOURCART J., COUSTEAU J.-Y., OTTMANN F. et SÈGRE A.-G., 367.

St-Palais (Anticlinal de). VIERS, 410.

SAINT-SEINE P. DE. Les Poissons des schistes bitumineux de l'étagé de Stanleyville (Congo belge), 331.

SAINT-SEINE R. DE. Existence de Cirripèdes acrothoraciques dans le Lias : *Zapfella pattei* nov. gen. nov. sp., 262, 447.

St-Thibéry (Volcan). GÈZE B., 222.

Sana. BASSE E., KARRENBERG H.,

- LEHMAN J. P., ALLOITEAU J. et LEFRANC J.-Ph., 655.
- Sannoisien.** GIRARD D'ALBISSIN M. et FEUGUEUR L., 254. — JODOT P., 537. — VINCIENNE H., 342.
- Saône-et-Loire (Dpt).** LE CALVEZ Y. et LEFAVRAIS A., 137. — LOUIS J., 141.
- Saône (Haute-) (Dpt).** GARDET G. et MAYOT R., 415.
- Saoura.** ALIMEN H. et FENET D., 183.
- SARKAR S.** Sur un genre nouveau d'Ammonite déroulée, 97. — Les Ammonites déroulées du Crétacé inférieur du SE de la France, 410.
- SARROT-REYNAULD J.** Voir DOLLÉ P., 286.
- Saumâtre (faune).** GILLET S., 25.
- Sauriens.** HOFFSTETTER R., 422. — HUENE F. VON et MAUBEUGE P. L., 105.
- SAURIN E.** L'âge des calcaires de Sagada (Luçon, Philippines), 290.
- Savoie (Dpt).** ELLENBERGER F., 64. — JODOT P., 537. — PERRIER DE LA BATHIE A. et GANDILLOT J., 382. — Réun. extr., 435.
- Savoie (Haute-) (Dpt).** JODOT P., 537. — LIENHARDT G. et RICOUR J., 103. — VINCIENNE H., 554.
- Schistes lustrés.** LEMOINE M., 67.
- SCHLOSSMACHER K.** Prés d'ouvrt., 162.
- SCHOELLER H.** Gros galets dans la nappe alluviale externe, à Facture (Gironde), 360.
- Sédimentation fluviale.** BERTHOIS L. et BARBIER M., 237. — GIGOUT M., 266.
- **littorale.** BAUDOUIN R., 571. — DUBOUL-RAZAVET C., 206. — FRIDMAN A., 203. — GUILCHER A., 201. — LAFOND L. R., 394, 419. — POUQUET J., 349. — VERNHET S., 203.
- **marine.** BOURCART J., 557. — RIVIÈRE A. et VISSE L., 467. — VISSE L., 27, 59.
- **rythmique.** VATAN A., 201.
- Sédiments carbonatés (genèse).** LALOU Cl., 369.
- SEGRE A.-G.** Voir BOURCART J., 367.
- Seine-et-Oise (Dpt).** BALAVOINE P., 385. — DEMARCO G., 302. — GIRARD D'ALBISSIN M. et FEUGUEUR L., 254. — VATAN A. et BOYER F., 647.
- Sénonien.** DEFLANDRE-RIGAUD M., 58.
- Sézanne.** VAYSSE A. et FEUGUEUR L., 475.
- Sicile.** DUBOUL-RAZAVET C., 206. — OTTMANN F. et PICARD J., 395.
- Silex.** BUTTERLIN J., 280. — DEFLANDRE-RIGAUD M., 58. — VALENSI L., 80.
- Silicium-Oxygène (Liaisons).** LAFFITTE P., 44.
- Siluridé.** LEFRANC J.-Ph., 424.
- Sinémurien.** BARBIER R., 147.
- SITTLER C.** Présence de formes polliques dans quelques sédiments du Kimmeridgien en France, 338 (*erratum*, 432).
- Sivas.** YALÇINLAR I., 359.
- Sous-marine (Géologie).** BOURCART J., 557. — BOURCART J. et GLANGEAUD L., 751.
- Souys-Floirac (Carrière de la).** BOURDON M. et LYS M., 306.
- SOYER R.** Attribution du *prix Viquest*, 216.
- Spilites.** BARBIER R., 147.
- Stampien.** BOURDON M. et LYS M., 306. — JODOT P., 537. — MICHEL R., 139.
- Stanleyville (Étage de).** SAINT-SEINE P. DE, 331.
- STAUB R.** Obs. au C. R. de la Réunion, 451 et suiv.
- STCHÉPINSKY A.** Étude des Ostracodes du Crétacé inférieur de la Haute-Marne, 242, 485.
- STCHÉPINSKY V.** Au sujet du Jurassique haut-marnais, 19. — Le Crétacé inférieur de l'E du Bassin de Paris d'après les données nouvelles, 348, 597.
- Stégocéphales.** LEHMAN J. P., 333.
- Stéphanien.** GREBER Ch., 431.
- Strombes (Niveau à).** CASTANY G., 55.
- Structure des minéraux silicatés.** LAFFITTE P., 44.
- Stylolithes.** DAVID L., 189.
- Subbriançonnaise (Zone).** LATREILLE M., 230. — Réunion, 435.
- Sud-Oranais.** DELEAU P. et MARIE P., 225.
- (**bassin houiller**). DELEAU P., 108, 120.
- Sud-rifain (Couloir).** MARGAT J. et TALASSE P., 190.
- Suisse.** Voir Fribourg.

T

- Tafilalt (Plaine du).** JOLY F. et MARGAT J., 292.
- Takamba (Série de).** RADIER H., 3.

TALTASSE P. Prés. d'ouv. 32. — Voir MARGAT J., 190.
Tarentaise. Réun. extr., 435.
Tebourzouk (Monts de). BOLZE J., 139.
Tectonique Afrique du Nord. BOURCART J. et L. GLANGEAUD 751.
 — *Algérie*. CAIRE A., 226. — DELEAU P., 169. — DUROZOY G. et MAGNÉ J., 621. — MATTAUER M., 228.
 — *Alpes*. BELLAI P., 417. — GIDON M., 193. — LEMOINE M., 67. — LIENHARDT G. et RICOUR J., 103. — PARENT H., 509. — Réun. extr., 435.
 — *Antilles*. MITCHELL R. C., 213.
 — *Aquitaine*. VIERIS G., 410.
 — *Bretagne*. COGNÉ J., 729.
 — *Corse*. LAPORTE J., 81.
 — *Islande*. BOUT P., 159. — RUTTEN M. G. et VAN BEMMELEN R. W., 14.
 — *Maroc*. DESTOMBES J., JEANNETTE A. et NÉRAT DE LESGUISE M., 195.
 — *Massif Central*. COLLOMB P., 69. — GÈZE B., 453. — LOUIS J., 141.
 — *Pyrénées*. LAMARE P., 108.
 — *Tchad*. FAURE H., 309.
 — *Tunisie*. CASTANY G., 151.
Télégraphe (Brèche du). LATREILLE M., 230.
Tènes. GIGOUT M., 89.
Ternifine. ARAMBOURG C., 406.
 TERMIER H. et G. Sur les conditions de formation des faunes pyriteuses, 86. — A propos de la structure des Eocrinoides, 92. — Prés. d'ouv., 180, 317.
Terrasses. BONIFAY E., 31.
 TERS M. Obs. comm. P. BUTEL, 274.
Tertiaire. MITCHELL R. C., 213.
 TESSIER F. Gisement fossilifère nouveau du Crétacé supérieur du Sénégal, 25. — Voir Remy J. M., 149, 185. — Prés. d'ouv., 248.
 THIÉBAUT J. Les terrains cristallophylliens du massif de la Barousse dans les Pyrénées centrales (note préliminaire), 21. — Note préliminaire sur la stratigraphie des formations paléozoïques du massif de la Barousse dans les Pyrénées centrales, 261. — Découverte de quelques gisements fossilifères dans les terrains paléozoïques du massif des Trois-Seigneurs (Ariège), 298. — Voir ESCANDE H., 300.
Tiflet (Anticlinal de). DESTOMBES J., 294.

Tillite. GRAINDOR M.-J., 17. — VINCENT P. et WOLFF J. P., 352.
Toarcien. AVIAS J. et LAUGIER R., 56.
Tonstein. DOLLÉ P. et SARROT-RAYNAULD J., 286.
Tremp (Bassin de). CRUSAFONT M., VILLALTA J. F. DE et TRUYOLS J., 303.
 TREVISAN L. Attribution du *prix Prestwich*, 211.
Trias. GOTTIS Ch. et SAINFELD P., 262. — GUEIRARD S., 421. — KOLB Th., 29. — LANTEAUME M., 102.
Trias diapir. BOLZE J., 139. — VIERS G., 144.
 TRICART J. Un complément des cartes géologiques : les cartes géomorphologiques, 426, 739. — Prés. d'ouv., 180. — Voir CAILLEUX A., 313.
 TRICART J. et CAILLEUX A. Prés. d'ouv., 117.
Trilobites. HUPÉ P., 701, 713.
Trois Evêchés (Pic des). BARBIER R., 147.
Trois Seigneurs (Massif des). ESCANDE H. et THIÉBAUT J., 300. — THIÉBAUT J., 298.
 TRUEMAN A. Prés. d'ouv., 249.
 TRÜMPY R. Voir FLANDRIN J., 259. — Obs. au C. R. de la Réunion, extr., 444 et suiv.
 TRUYOLS J. Voir CRUSAFONT M., 303.
Tungstène. HERBINGER Cl. et GEFROY J., 226.
Tunisie. AUROUZE G. et KLASZ I. DE, 97. — BOLZE J., 139. — CASTANY G., 55, 151. — GOTTIS Ch. et SAINFELD P., 262. — PIMIENTA J., 204.
Turquie. YALÇINLAR I., 23, 296, 359.
Tyrrhénien. CASTANY G., 55. — OTTMANN F. et PICARD J., 395. — OTTMANN F., 565.

U

Ubaye (Haute-). GIDON M., 193.
Ultrahelvétique (Zone). LIENHARDT G. et RICOUR J., 103.
 URBAIN P. Obs. comm. P. LAFFITTE, 48. — Présence des électrolytes dans les sédiments argileux, 206.

V

Valanginien. DEBRENNE F., 525.
 VALENSI L. Sur les silex oolithiques de la Celle-Bruère (Cher), 80.

- VAN BEMMELEN R. W. Voir RUTTEN M. G., 14. — Prés. d'ouvr., 125.
- Var (Dpt). BONIFAY E., 351. — GUIRARD S., 421. — RIVIÈRE A., 182.
- Vassincourt (Plateau de). PAQUE A., 122.
- VATAN A. Sédimentation rythmique du Flysch crétacé en Aquitaine, 201.
- VATAN A. et BOYER F. Remaniements dans les alluvions anciennes de l'Oise à Cergy (S.-et-O.), 417, 647.
- Végénériles. PALM Q. A., 627.
- Vaux-sur-Seine. GIRARD D'ALBISSIN M. et FEUGUEUR L., 254.
- VAYSSE A. et FEUGUEUR L. Sur l'âge des faciès continentaux de l'Éocène inférieur aux environs de Sézanne (Marne), 253, 475.
- Végétaux fossiles. DEPAPE G., FLORSCHÜTZ F. et GUILLIEN Y., 193. — GREBER Ch., 431. — YALÇINLAR I., 23.
- VEILLON M. et VIGNEAUX M. Observations paléontologiques sur l'Éocène supérieur girondin, 414.
- Vendée. BUTEL P., 274, 393. — FACON R., 52.
- Vertébrés. AMBROGGI R. et LAPPARENT A.-F. DE, 50. — BASSE E., KARREBERG H., LEHMAN J. P., ALLOITEAU J. et LEFRANC J. Ph., 655. — CRUSAFONT M., VILLALTA J. F. DE et TRUYOLS J., 303. — HOFFSTETTER R., 422. — HUENE F. VON et MAUBEUGE P.-L., 105. — KARPOFF R., LAVOCAT R. et ROUAIX S., 11. — LEFRANC J.-Ph., 424. — LEHMAN J. P., 233, 333. — MASACHS V., CRUSAFONT M. et VILLALTA F. DE, 304. — PATTE E., 505. — SAINT-SEINE P. DE, 331. — YALÇINLAR I., 359.
- VERNHET S. [Description de constructions sableuses sous-marines], 203.
- VEYRET P. Obs. au C. R. de la Réunion, 480.
- VIERS G. Sur la présence d'un pointement diapir de Keuper accompagné de lherzolite entre Mauléon et Oloron (B.-Pyr.), 144. — Le prolongement de l'anticlinal de St-Palais vers le S, 410.
- Vietnam. PATTE E., 505
- VIGNEAUX M. Voir MOYES J., 413. — Voir VEILLON M., 414.
- Vigny. BALAVOINE P., 385.
- VILLALTA J. F. DE. Voir CRUSAFONT M., 303. — Voir MASACHS V., 304.
- Villandraut. MOYES J. et VIGNEAUX M., 413.
- VINCENT P. et WOLFF J. P. Sur l'existence d'un complexe tillitique en Oubangui-Chari (région de Nola), 352.
- VINCIENNE H. Coupe de l'Oligocène de Génissiat (annexe note JODOT P.), 333, 554. — Découvertes du Ludien et du Sannoisien lacustres dans le Jura méridional, 342.
- VIRET J. Prés. d'ouvr., 428.
- VISSE L. La sédimentation argileuse des dépôts marins tertiaires de l'W sénégalais, 27. — Présence de paléogorskite dans les sédiments marins de Lama (Dahomey), 59. — Voir RIVIÈRE A., 201, 467.
- Volta (Haute-). JUNG J. et LAMBERT R., 399.
- Vosges (Dpt). GUILLAUME L. et MINOUX G., 515.

W

- WOLSTEDT P. Prés. d'ouvr., 268.
- WOLFF J. P. Voir VINCENT P., 352.
- WRIGLEY A. G. Nécrologie, 210.

Y

- YALÇINLAR I. Sur la présence de schistes carbonifères et de Plantes fossiles à l'W d'Istanbul, 23. — Sur la présence de formes glaciaires quaternaires au Honaz-Dag et au Boz-Dag (W de la Turquie), 296. — Note sur une faune de Vertébrés néogènes découverte à l'W de Sivas (Turquie centrale), 359.
- Yémen. BASSE E., KARREBERG H., LEHMAN J. P., ALLOITEAU J. et LEFRANC J.-Ph., 655.
- Yonne (Dpt). DEBRENNE F., 525.
- YOUCHTCHENKO P. [Prés. paléontologique], 186.
- Yprésien. AUROUZE G. et BOULANGER D., 186. — VAYSSE A. et FEUGUEUR L., 475.

Z

- ZVEREFF R., Nécrologie, 253.

TABLE DES ESPÈCES

Les noms des FAMILLES sont en petites capitales romaines, ceux des genres, espèces et variétés en italique. Les fossiles sont mentionnés à leur nom de genre et à leur nom d'espèce ou éventuellement de variétés. Les renvois aux pages du *Bulletin* sont en chiffres gras, aux pages du *C. R. sommaire* en caractères ordinaires. Les numéros des planches hors texte sont en chiffre romain ordinaire (I), ceux des planches dans le texte précédés de l'abréviation t.-pl. (les numéros des fig. des planches entre parenthèses); les numéros des figures dans le texte sont en chiffres arabes (1), précédés de l'abréviation fig.

- cf. abbreviata* D'ORBIGNY (*Textularia*). 58, IV (1-2).
var. acanthoptera MARSSON [*umbonatum* (*Monoceratina*)]. 491, t.-pl. IV (27).
Aclistochara crassa (DOLLFUS et FRIETEL) nov. comb. 96.
Aclistochara wrightii REID et GROVES nov. comb. 95, fig. 1.
acreon D'ORB. (*Nerinea*). 669, t.-pl. I (12), XXVII (10).
Acropora cf. solanderi MICH. sp. 62, V b (3).
Acrothoraciques (CIRRIPÈDES). 447-451, XVIII-XX.
acuta (CORNUEL) 1848 (*Paracypris*) 488-490, t.-pl. I (7), XXII (7).
cf. adalta CUSHMAN (*Textularia*). 58, IV (3-4).
africana nov. sp. (*Xanthopsis*). 187, XI (1).
Agatiphyllia blaviensis nov. sp. 64, V b (2).
Agatiphyllia matheroni nov. sp. 63-64, V b (1).
Agria marticensis D'ORB. 49-50, 2 fig.
cf. annulata REUSS 1864 (*Stylopora*). 62-63, V b (4).
antillea (HANZAWA) M. DE CIZANCOURT (*Miscellanea*). 178.
aquitana nov. var. [*Discorbis* (*Lamellodiscorbis*) *magna* VIALLI]. 114-117, fig. 1-2.
Archidiskodon cf. planifrons. 505-508, fig. 1.
Arenobulimina sp. 58, IV (5).
armata D'ORBIGNY (*Rotalia*). 58, IV (8-9).
aticus LEYMERIE (*Nummulites*). 145-147.
Atlanthropus mauritanicus n. sp. 406-407.
aturicus JOLY et LEYMERIE. 145-147.
auriculata (CORNUEL) 1848 (*Protocythere*). 494, t.-pl. IV (23), XXII (9).
baillyensis n. sp. (*Platycythereis*). 498 t.-pl. V (38), XXII (6).
Balearites nov. gen. 97-98.
balli (STEFANINI) 1925 (*Gryphaea*). 665, XXVII (2).
ballingi nov. sp. (*Branchioplax*). 189-190, fig. 1 A, XI (6).
barbadica A. M. DE CIZANCOURT [*Nummulites* (*Nummulites*)]. 132, fig. 6.
basraensis nov. sp. (*Cibicides*). 211, XII (7).
bassei nov. sp. (*Pleuropholis*). 661-663, fig. 3, XXVI.
bermudezi B. PALMER [*Nummulites* (*Operculinoides*)]. 132, fig. 1.
bicornis REICHEL (*Schackoina cenomana*). 99, fig. 1 B.
bilobata TRIEB. (*Haplocytheridea*). 491, t.-pl. II (12).
binodosa ETALLON 1859 (*Nerinea*). 669-670, t.-pl. I (9), XXVII (8).
blaviensis nov. sp. (*Agatiphyllia*). 64, V b (2).
Bochianites P. LORY 1898. 135-136, fig. A.
« *Bochianites* » *janenschi* ZWIERZYCKI 1914. 137, fig. C.
Bolivinoïdes ouezzanensis nov. sp. 210, XII (2).

- bonnemai* TRIEBEL (1940) (*Cythereis*). 498, t.-pl. V (29).
- Bouleia dagincourti* ULRICH. 713-714, fig. 1, XXX (2-4).
- Brachycythere concentrica* REUSS. 493, t.-pl. III (17).
- Branchioplax ballingi* nov. sp. 189-190, fig. 1 A, XI (6).
- brevis* (CORNUEL) 1848 (*Haplocythereidea*). 490-492, t.-pl. II (15-16), XXII (2-3).
- brevispinosum* EIS (*Hystriosphæridium*). 240-241, fig. 6-7.
- briarensis* DESH. var. [*Limnaea* (*Radia*)]. 540.
- brugesi* SCHLUMBERGER (*Linderina*). 56-59, fig. 1 A, V a (1-3).
- CAMPTOSAURIDAE (Pubis). 108, fig. 2 D.
- caribensis* A. M. DE CIZANCOURT [*Nummulites* (*Nummulites*)]. 132, fig. 8.
- Cardium* sp. 666, t.-pl. I (5).
- cf. *carolinensis* CUSHMAN var. *navarroensis* COLOM et RUIZ DE GAONA (*Eponides*). 58, IV (10-11).
- catenula* A. CUSHMAN et JARVIS [*Nummulites* (*Operculinoides*)]. 132, fig. 4.
- catenula* B. CUSHMAN et JARVIS [*Nummulites* (*Operculinoides*)]. 132, fig. 2-3.
- gr. *cenomana* (*Schackoina* sp.). 97-103, VI a.
- cenomana bicornis* REICHEL (*Schackoina*). 99, fig. 1 B.
- Ceratocystidiopsis incerta* n. sp. 59, fig. 3.
- chapmani* JONES et HINDE (*Cytherelloidea*). 489, t.-pl. I (4).
- Cibicides basraensis* nov. sp. 211, XII, (7).
- Cibicides daguerri* n. sp. 113-114, 1 fig.
- Cibicides daguerri* NEUMANN. 58, IV (16-17).
- circinata* MÉRIAN var. *jurana* nov. var. [*Valvata* (*Concinna*)]. 538, XXIII b (5-6).
- CIRRIPÈDES acrothoraciques. 447-451, XVIII-XX.
- var. *dinactinia* MICHELOTTI 1861 [*ele-gans* REUSS sp. 1864 (*Dictyaraea*)]. 65, V b (5).
- COELUROSURIENS (Dent). 108, VI b (7-8).
- Comophyllia corrugata* Koby 1901. 678-679, XXVIII (1).
- Comophyllia thamnastroides* GREGORY sp. 679.
- concentrica* REUSS (*Brachycythere*). 493, t.-pl. III (17).
- cordatus* SANDB. var. *vinciennei* nov. var. [*Planorbis* (*Gyraulus*)]. 539-540, XXIII b (3-4).
- Cornu* BRONG. [*Planorbis* (*Coretus*)]. 543, 545.
- Cornus* sp. 196, fig. 2 B.
- corrugata* Koby 1901 (*Comophyllia*). 678-679, XXVIII (1).
- colleau* LAMBERT 1906 (*Echinolampas*). 693, t.-pl. I (3).
- crassa* DOLLFUS et FRITEL nov. comb. (*Aclistochara*). 96.
- Cryptoplocus* n. sp. 671, t.-pl. I (16), XXVII (5-6).
- Cryptoplocus subpyramidalis* MÜNSTER 671, t.-pl. I (13), XXVII (4).
- Cryptoplocus yemenensis* n. sp. 672, t.-pl. I (15), XXVII (7).
- Cupressinoxylon* cf. *vectens* BARBER. 589, XXV (3-4).
- cyatheoides* (*Pecopteris*). 437.
- Cymatiosphaera* O. WETZEL. 257-259.
- Cymatiosphaera radiata* O. WETZEL. 257-259.
- Cythereis* (charnière). 491, t.-pl. IV (28).
- Cythereis bonnemai* TRIEBEL (1940). 498, t.-pl. V (29).
- Cythereis reticulata* JONES et HINDE. 497, t.-pl. V (30 et 34).
- Cythereis rudispinata* CHAPMAN et SHERBORN. 497, t.-pl. V (32).
- Cythereis senckenbergi* TRIEB. 497, t.-pl. V (35).
- Cythereis thöronensis* TRIEB. 497, t.-pl. V (31).
- Cythereis villierensis* n. sp. 498, t.-pl. V (33), XXII (10).
- Cytherella fredericksburgensis* ALEX. 489, t.-pl. I (2).
- Cytherella ovata* ROEMER. 489, t.-pl. I (1).
- Cytherella scotti* ALEX. 489, t.-pl. I (3).
- Cytherelloidea chapmani* JONES et HINDE. 489, t.-pl. I (4).
- Cytheropteron pantaleonensis* n. sp. 496, t.-pl. IV (24), XXII (4).
- dagincourti* ULRICH (*Bouleia*). 713-714, fig. 1, XXX (2-4).
- daguerri* n. sp. (*Cibicides*). 113-114, 1 fig.
- daguerri* NEUMANN (*Cibicides*). 58, IV (16-17).
- Darbyella mimounaensis* nov. sp. 210-211, XII (5).

- dedivis* BRAUN [*Planorbis* (*Gyraulus*)]. 543, 545.
degenerata TRIEB. (*Platycythereis*). 497, t.-pl. V (37).
Dictyaraea elegans REUSS sp. 1864 var. *clinactinia* MICHELOTTI 1861. 65, V b (5).
digitatum EIS. (*Hystrichosphaeridium* cf.). 240, fig. 1.
Discorbis (*Lamellodiscorbis*) *magna* VIALLI var. *aquitana* nov. var. 114-117, fig. 1-2.
Dolocytheridea hilseana (ROEMER). 490, t.-pl. I (8), XXII (11-12).
dorsalis AGASSIZ 1847 (*Echinolampas*). 693, t.-pl. I (5).
douvillei ASTRE (*Monolepidorbis*). 55-59, fig. 1 (C), V a (4).
Echinolampas. 689-699, fig. 1, t.-pl. I.
Echinolampas cotteau LAMBERT 1906. 693, t.-pl. I (3).
Echinolampas dorsalis AGASSIZ 1847. 693, t.-pl. I (5).
Echinolampas ellipsoidalis D'ARCHIAC (1846). 692-693, t.-pl. I (2).
Echinolampas globulus LAUBE. 694, t.-pl. I (7).
Echinolampas heberti COTTEAU 1862 non 1883. 693, t.-pl. I (4).
Echinolampas humei FOURTAU. 696, t.-pl. I (9).
Echinolampas leymeriei COTTEAU 1863. 693, t.-pl. I (6).
Echinolampas subcylindricus DESOR. 693, t.-pl. I (1).
Echinolampas valettei LAMBERT. 696, t.-pl. I (8).
elegans REUSS sp. 1864 var. *clinactinia* MICHELOTTI 1861 (*Dictyaraea*). 65, V b (5).
elegans EDWARDS var. *minor* nov. var. [*Planorbis* (*Paraspira*)]. 539, 540, XXII b (2).
ellipsoidalis D'ARCHIAC (1846) (*Echinolampas*). 692-693, t.-pl. I (2).
Eocytheropteron wassyensis n. sp. 496, t.-pl. IV (25), XXII (5).
Eponides cf. *carolinensis* CUSHMAN var. *navarroensis* COLOM et RUIZ DE GAONA. 58, IV (10-11).
Eucythere trigonalis JONES et HINDE. 491, t.-pl. II (9).
Exogyra nana (J. SOW.). 664, XXVII (3).
Fabiana sp. 58, IV (18-19).
Favitopsis nov. gen. 674-675.
Favitopsis harrensis n. sp. 675-676, XXVIII (3 et 8).
flexuosa GRAND'EURY (*Mixoneura*). 437-438, XVI (3).
fortinodis TRIEB. (*Isocythereis*). 497, t.-pl. V (36).
fragilis TRIEB. (*Habrocythere*). 491, t.-pl. II (10).
fredericksburgensis ALEX. (*Cytherella*). 489, t.-pl. I (2).
var. *galesensis* FONT. 1884 [*Limnaea* (*Stagnicola*) *orelongo* BOUBÉE 1830]. 539, XXIII b (8-9).
gandolfi REICHEL (*Schackoina*). 99, fig. 1 C.
Ganella n. gen. *neumannae* n. sp. 186-188, 3 fig.
GASTROPODES sp. 680-681.
georgianus COLE et HERRICK (*Operculinoides*). 178-179.
Globorotalia velascoensis (CUSHMAN) var. *parva* nov. var. 209, XII (1).
Globularia hemisphaerica ROEMER 1836. 672-673, t.-pl. I (6-7).
globulus LAUBE (*Echinolampas*). 694, t.-pl. I (7).
Goniocypoda tessieri nov. sp. 190-191, fig. 1 B, XI (4).
gracilis nov. sp. (*Plectofrondicularia*) 210, XII (3).
Gryphaea balli (STEFANINI) 1925. 665, XXVIII (2).
Gymnodinium hexagonum n. sp. 58, fig. 1 et 2,
Habrocythere fragilis TRIEB. 491, t.-pl. II (10).
Haplocytheridea. 491, t.-pl. II (11).
Haplocytheridea bilobata TRIEB. 491, t.-pl. II (12).
Haplocytheridea brevis (CORNUEL) 1848 490-492, t.-pl. II (15-16), XXII (2-3).
Haplocytheridea jonesiana BOSQUET. 491, t.-pl. II (13-14).
harrensis n. sp. (*Favitopsis*). 675-676, XXVIII (3 et 8).
harrensis n. sp. (*Plesiophyllum* n. gen.). 679-680, t.-pl. I (17).
Hastigerinella (*Hastigerinoides*) sp. 99, fig. 1 A (a, b).
Hastigerinella (*Hastigerinoides*) *rohri* BRONNIMANN. 100, fig. 1 A (c).
heberti COTTEAU 1862 non 1883 (*Echinolampas*). 693, t.-pl. I (4).
hechti TRIEB. (*Procythere*). 493, t.-pl. III (20).

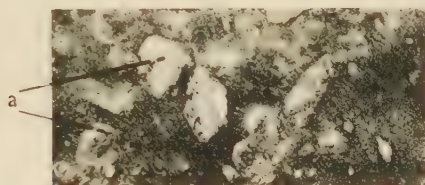
- Helix (Plebecula) cf. ramondi* BRONG., race *minor* nov. **541-543**, XXII b (12-13).
- Helix (Cepaea) rugulosa* VON MARTENS in ZIETEN 1830. **545**.
- hemisphaerica* ROEMER 1836 (*Globularia*). **672-673**, t.-pl. I (6-7).
- henrici* A. M. DE CIZANCOURT [*Nummulites (Nummulites)*]. 132, fig. 5.
- Herpetocyprilla* sp. **489**, t.-pl. I (6).
- Herpetocypris* sp. **489**, t.-pl. I (5).
- Heteraster oblongus* D'ORB. 1853. 343-346, 1 fig.
- hexagonum* n. sp. (*Gymnodinium*). 58, fig. 1 et 2.
- hilseana* (ROEMER) (*Dolocytheridea*). **490**, t.-pl. I (8), XXII (11 et 12).
- humei* FOURTAU (*Echinolampas*). **696**, t.-pl. I (9).
- hungaricus* LÖRENTHEY var. *lutetianus* nov. var. (*Neptunus*). **186**, XI (5).
- Hystriosphæridium brevispinosum* EIS. 240-241, fig. 6 et 7.
- Hystriosphæridium cf. digitatum* EIS. 240, fig. 1.
- Hystriosphæridium lewisi* n. sp. 240, fig. 3.
- Hystriosphæridium ramusculosum* DEFL. 240, fig. 5.
- Hystriosphæridium trispinosum* EIS. 240, fig. 2.
- ICHTYOSAURIENS (Dent). **105**, VI b (5-6).
- ilex* L. (*Quercus*). **196**, fig. 2 (A, B).
- incerta* n. sp. (*Ceratocystidiopsis*). 59, fig. 3.
- inflata* BRONG. [*Limnaea (Radix)*]. **544**, XXIII b (7).
- inornata* J. DE C. SOW. 1837 [*Pholadomya (Homomya)*]. **667**, t.-pl. I (2-4).
- INTASUCHIDÉS. 233-234.
- inversa* (CORNUEL) 1848 (*Orthonotacythere*). **496**, t.-pl. IV (26), XXII (1).
- Isastrocaenia* sp. **676**, XXVIII (6-7).
- Isocythereis fortinodis* TRIEB. **497**, t.-pl. V (36).
- janenschi* ZWIERZYCKI 1914 [*Janenschites (Bochianites)*]. 137, fig. C.
- Janenschites* nov. gen. 137, fig. C.
- jonesiana* BOSQUET (*Haplocytheridea*). **491**, t.-pl. II (13-14).
- var. *jurana* nov. var. [*Valvata (Concinna) circinata* MÉRIAN]. **538**, XXIII b (5-6).
- Kabylites* nov. 136-137, fig. B.
- karrenbergi* nov. sp. (*Lopha*). **664-665**, XXVII (1).
- karrenbergi* n. sp. (*Microphyllastraea* n. gen.). **676-678**, XXVIII (2).
- lamurensis* HEER. (*Pecopteris*). **437**, XVI (5).
- larvata* PARKER et JONES (*Planorbulinella*). **55-59**, fig. 1 (B).
- lewisi* n. sp. (*Hystriosphæridium*). 240, fig. 3.
- leymeriei* COTTEAU 1863 (*Echinolampas*). **693**, t.-pl. I, (6).
- Limnaea (Radix) briarensis* DESH. var. **540**.
- Limnaea (Radix) inflata* BRONG. **544**, XXIII b (7).
- Limnaea (Stagnicola) orelongo* BOUBÉE 1830, var. *galesensis* FONT. 1884. **539**, XXIII b (8-9).
- Limnaea (Radix) pachygaster* THOMAS. **543, 546**.
- Limnaea (Radix) subbullata* SANDB. **545**.
- Limnaea (Stagnicola) subpalustris* THOMAS. **544**, XXIII b (10-11).
- Linderina*. **55-59**, fig. 1, IV et V a.
- Linderina brugesii* SCHLUMBERGER. **56-59**, fig. 1 (A), V a (1-3).
- Lopha karrenbergi* nov. sp. **664-665**, XXVII (1).
- lugdunensis* NOPCSA (*Struthiosaurus*). **410-413**, fig. 2, XIV (1-7).
- var. *lutetianus* nov. var. [*hungaricus* LÖRENTHEY (*Neptunus*)]. **186**, XI (5).
- magna* VIALLI var. *aquitana* nov. var. [*Discorbis (Lamellodiscorbis)*]. 114-117, fig. 1-2.
- marticensis* D'ORB. (*Agria*). 49-50, 2 fig.
- matheroni* nov. sp. (*Agatiphyllia*). **63-64**, V b (1).
- mauritanicus* n. sp. (*Atlantropus*). 406-407.
- mediterranea* BRONNIMANN (*Miogyprina*). **417-418**, fig. 2, XV.
- Microstridium nebulosum* n. sp. 240-241, fig. 8.
- Microcodium*. **111-138**.
- Microphyllastraea* n. gen. *karrenbergi* n. sp. **676-678**, XXVIII (2).
- mimounaensis* nov. sp. (*Darbyella*). **210-211**, XII (5).
- race *minor* nov [*Helix (Plebecula) cf. ramondi* BRONG.]. **541-543**, XXIII b (12-13).

- minor* nov. var. [*Planorbis* (*Paraspira*) *elegans* EDWARDS]. 539, 540, XXIII b (2).
- Miogypsina mediterranea* BRONN-MANN. 417-418, fig. 2, XV.
- Miscellanea antillea* (HANZAWA) M. DE CIZANCOURT. 178.
- Mixoneura flexuosa* GRAND'EURY. 437-438, XVI (3).
- Mixoneura neuropteroides* GOEPPERT. 437-438, XVI (1-2).
- Modiolus* (*Pharomythius*) cf. *perplicatus* ETALLON 1862. 663-664.
- Monoceratina umbonatum* var. *acanthoptera* MARSSON. 495, t.-pl. IV (27).
- Monolepidorbis douvillei* ASTRE. 55-59, fig. 1 (C), V a (4).
- multispinata* CUSHMAN et WICKENDEN (*Schackoina*). 100-102, fig. 1 (D à G).
- nana* (J. SOW.) (*Exogyra*). 664, XXVII (3).
- var. *navarroensis* COLOM et RUIZ DE GAONA [cf. *carolinensis* CUSHMAN (*Eponides*)]. 58, IV (10-11).
- nebulosum* n. sp. (*Michrhystridium*). 240-241, fig. 8.
- Necrosaurus* FILHOL 1876. 422-424.
- Neptunus hungaricus* LÖRENTHEY var. *lutetianus* nov. var. 186, XI (5).
- Nerinea acreon* D'ORB. 669, t.-pl. I (12), XXVII (10).
- Nerinea binodosa* ETALLON 1859. 669-670, t.-pl. I (9), XXVII (8).
- Nerinella retrogressa* ETALLON. 668-669, XXVII (9).
- Nerinea salinensis* D'ORB. 670-671, t.-pl. I (10), XXVII (11).
- neumannae* n. sp. (*Ganella* n. gen.). 186-188, 3 fig.
- neuropteroides* GOEPPERT (*Mixoneura*). 437-438, XVI (1-2).
- Nodomorphina pulchra* nov. sp. 210, XII (4).
- Nucula renouardi* n. sp. 501-504, XXIII a (1-2).
- Nummulites atacicus* LEYMERIE. 145-147.
- Nummulites aturicus* JOLY et LEYMERIE. 145-147.
- Nummulites* (*Nummulites*) *barbadica* A M. DE CIZANCOURT. 132, fig. 6.
- Nummulites* (*Operculinoides*) *bermudezi* B (PALMER). 132, fig. 1.
- Nummulites* (*Nummulites*) *caraibensis* A M. DE CIZANCOURT. 132, fig. 8.
- Nummulites* (*Operculinoides*) *catenula* A CUSHMAN et JARVIS. 132, fig. 4.
- Nummulites* (*Operculinoides*) *catenula* B CUSHMAN et JARVIS. 132, fig. 2 et 3.
- Nummulites* (*Nummulites*) *henrici* A M. DE CIZANCOURT. 132, fig. 5.
- Nummulites* (*Nummulites*) *scotlandica* A M. DE CIZANCOURT. 132, fig. 9.
- Nummulites* (*Nummulites*) *senni* A M. DE CIZANCOURT. 132, fig. 7.
- oblongus* D'ORB. 1853 (*Heteraster*). 343-346, 1 fig.
- Odontopteris reichi* GUTB. 436, XVI (4).
- Operculinoides georgianus* COLE et HERRICK. 178-179.
- Orelongo* BOUBÉE 1830 var. *galesensis* FONT. 1884 [*Limnaea* (*Stagnicola*)]. 539, XXIII b (8-9).
- Orthonotacythere inversa* (CORNUEL) 1848. 496, t.-pl., IV (26), XXII (1).
- ouezzanensis* nov. sp. (*Bolivinoidea*) 210, XII (2).
- ovata* ROEMER (*Cytherella*). 489, t.-pl. I, (1).
- pachygaster* THOMAS [*Limnaea* (*Radix*)]. 543, 546.
- Palaeocarpilius straeleni* nov. sp. 188, XI (2).
- pantaleonensis* n. sp. (*Cytheropteron*). 496, t.-pl. IV (24), XXII (4).
- Paracypris acuta* (CORNUEL) 1848. 488-490, t.-pl. I (7), XXII (7).
- PARASUCHIENS (Dents). 105, fig. 1 (A, B, C), V b (1-4).
- Parrotia pristina* SAP. 196, fig. 2 (D, E).
- var. *parva* nov. var. [*Globorotalia velascoensis* (CUSHMAN)]. 209, XII (1).
- pattei* n. sp. (*Zapfella* n. gen.). 447-451, XVIII-XX.
- Pecopteris cyatheoides*. 437.
- Pecopteris lamurensis* HEER. 437, XVI (5).
- cf. *perplicatus* ETALLON 1862 [*Modiolus* (*Pharomythius*)]. 663-664.
- Pholadomya* (*Homomya*) *inornata* J. DE C. SOW. 1837. 667, t.-pl. I, (2 et 4).
- Plagiolophus witherelli* BELL. 190, XI (3).
- cf. *planifrons* (*Archidiskodon*). 504-508, fig. 1.
- Planorbis* (*Gyraulus*) *cordatus* SANDB. var. *vinciennei* nov. var. 539-540, XXIII b (3-4).

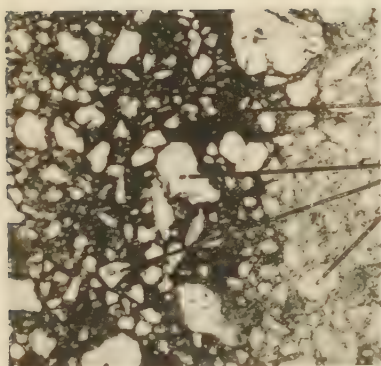
- Planorbis* (*Coretus*) *cornu* BRONG. 543, 545.
- Planorbis* (*Gyraulus*) *declivis* BRAUN. 543, 545.
- Planorbis* (*Paraspira*) *elegans* EDWARDS *var. minor* nov. *var.* 539, 540, XXIII b (2).
- Planorbis* (*Hippeutis*) *cf. sowerbyi* BRONN. 538, XXIII b (1).
- Planorbulinella* *larvata* PARKER et JONES. 55-59, fig. 1 (B.).
- Platycythereis* *bailliyensis* n. sp. 498, t.-pl. V (38), XXII (6).
- Platycythereis* *degenerata* TRIEB. 497, t.-pl. V (37).
- Plectofrondicularia* *gracilis* nov. sp. 210, XII (3).
- Plesiophyllum* *harrensis* n. gen. n. sp. 679-680, t.-pl. I (17).
- Pleuropholis* *bassei* nov. sp. 661-663, fig. 3, XXVI.
- Pleurostomella* *subglobosa* nov. sp. 211, XII (6).
- plicatus* BRUG. *var.* [*Potamides* (*Pirenella*)]. 546-547, XXIII b (14-15).
- Podocarpoxydon* *cf. woburnense* STOPES. 587-588, XXV (1-2).
- Potamides* (*Pirenella*) *plicatus* BRUG. *var.* 546-547, XXIII b (14-15).
- Praeonia* *rhomboidalis* (?) sp. 665.
- Praeradiolites* *pulchellus* VIDAL. 50.
- pristina* SAP. (*Parrotia*). 196, fig. 2 (D, E).
- Protocardia* *somaliensis* COX 1935. 666, t.-pl. I (1).
- Protocythere*. 493, t.-pl. III (18).
- Protocythere* *auriculata* (CORNUEL) 1848. 494, t.-pl. IV (23), XXII (9).
- Protocythere* *hechti* TRIEB. 493, t.-pl. III (20).
- Protocythere* *rugosa* CORNUEL (1846). 494, t.-pl. III (21), XXII (8).
- Protocythere* *triplicata* (ROEMER). 492, t.-pl. III (19).
- Pseudocidaris* *thurmanni* ETALLON. 673-674, t.-pl. I (14), XXVII (12).
- pulchellus* VIDAL (*Praeradiolites*). 50.
- pulchra* nov. sp. (*Nodomorphina*). 210, XII (4).
- Quercus* *ilex* L. 196, fig. 2 (A, B).
- radiata* O. WETZEL (*Cymatiosphaera*). 257-259.
- cf. ramondi* BRONG. *face minor* nov. [*Helix* (*Plebecula*)]. 541-543, XXIII b (12-13).
- ramusculosum* DEFL. (*Hystrichosphaeridium*). 240, fig. 5.
- reichi* GUTB. (*Odontopteris*). 436, XVI (4).
- renouardi* n. sp. (*Nucula*). 501-504, XXIII a (1-2).
- reticulata* JONES et HINDE (*Cythereis*) 497, t.-pl. V (30 et 34).
- retrogressa* ETALLON (*Nerinella*). 668-669, XXVII (9).
- rhomboidalis* (?) sp. (*Praeonia*). 665.
- rohri* BRONNIMANN [*Hastigerinella* (*Hastigerinoides*)]. 100, fig. 1 (A, C).
- Rotalia* *armata* D'ORBIGNY. 58, IV (8-9).
- Rotalia* *trochidiformis* LAMARCK. 58, IV (14-15).
- Rotalia* *viennoti* GREIG. 58, IV (6-7).
- rudispinata* CHAPMAN et SHERBORN (*Cythereis*). 497, t.-pl. V (32).
- rugosa* (CORNUEL) 1846 (*Protocythere*). 494, t.-pl. III, XXII (8).
- rugulosa* VON MARTENS in ZIETEN 1830 [*Helix* (*Cepaea*)]. 545.
- salinensis* D'ORB. (*Nerinea*). 670-671, t.-pl. I (10), XXVII (11).
- Schackoia*. 97-103, fig. 1, VI a.
- Schackoia* *cenomana* *bicornis* REICHEL. 99, fig. 1 (B).
- Schackoia* sp. *gr. cenomana*. 97-103, VI a.
- Schackoia* *gandolfi* REICHEL. 99, fig. 1 (C.).
- Schackoia* *multispinata* CUSHMAN et WICKENDEN. 100-102, fig. 1 (D à G).
- scotlandica* A. M. DE CIZANCOURT [*Nummulites* (*Nummulites*)]. 132, fig. 9.
- scotti* ALEX (*Cytherella*). 489, t.-pl. I (3).
- senckenbergi* TRIEB. (*Cythereis*). 497, t.-pl. V (35).
- senni* A. M. DE CIZANCOURT (*Nummulites* (*Nummulites*)). 132, fig. 7.
- cf. solanderi* MICH sp. (*Acropora*). 62, V b (3).
- somaliensis* COX 1935 (*Protocardia*). 666, t.-pl. I (1).
- cf. sowerbyi* BRONN. [*Planorbis* (*Hippeutis*)]. 538, XXIII b (1).
- Spinigera* sp. *indet.* 673, t.-pl. I (11).
- Stenosauros* (*Vertèbre*). 108, fig. 2 (E).
- Stomatorbina* sp. 58, IV (12-13).
- straeleni* nov. sp. (*Palaecarpilius*). 188, XI (2).
- Struthiosaurus* *lugdunensis* NOPCSA. 410-413, fig. 2, XIV (1-7).
- Stylopora* *cf. annulata* REUSS 1864. 62-63, V b (4).

- subbullata* SANDB. [*Limnaea* (*Radix*)]. 545.
subcylindricus DESOR (*Echinolampas*). 693, t.-pl. I (1).
subglobosa nov. sp. (*Pleurostomella*) 211, XII (6).
subpalustris THOMAE [*Limnaea* (*Stagnicola*)]. 544, XXIII b (10-11).
subpyramidalis MÜNSTER (*Cryptoplocus*). 671, t.-pl. I (13), XXVIII (4).
subsella LEYMERIE (*Terebratula*). 674, t.-pl. I (3).
 TÉLÉOSAURIENS (Vertèbres). 106-107, fig. 2 (A, B).
Terebratula subsella LEYMERIE. 674, t.-pl. I (3).
tessieri nov. sp. (*Goniocypoda*) 190-191, fig. 1 B, XI (4).
Textularia cf. *abbreviata* D'ORBIGNY. 58, IV (1-2).
Textularia cf. *adalta* CUSHMAN. 58, IV (3-4).
thamnastroides GREGORY sp. (*Comophyllia*). 679.
thöronensis TRIEB. (*Cythereis*). 497, t.-pl. V (31).
thurmanni ÉTALLON (*Pseudocidaris*). 673-674, t.-pl. I (14), XXVII (12).
trigonalis JONES et HINDE (*Eucythere*). 491, t.-pl. II (9).
 TRILOBITES (Organes de Pander). 701-711, fig. 1 à 8, XXIX-XXX (1).
triplicata (ROEMER) *Protocythere*. 492, t.-pl. III (19).
trispinosum EIS. (*Hystrichosphaeridium*). 240, fig. 2.
trochidiformis LAMARCK (*Rotalia*). 58, IV (14-15).
umbonatum var. *acanthoptera* MARS-SON (*Monoceratina*). 495, t.-pl. IV (27).
valettei LAMBERT (*Echinolampas*). 696, t.-pl. I (8).
Valvata (*Concinna*) *circinata* MÉRIAN var. *jurana* nov. var. 538, XXIII b (5-6).
 cf. *vectens* BARBER (*Cupressinoxylon*). 589, XXV (3-4).
velascoensis (CUSHMAN) var. *parva* nov. var. (*Globorotalia*). 209, XII (1).
Verhachium nov. gen. 305-307.
viennoti GREIG (*Rotalia*). 58, IV (6-7).
villierensis n. sp. (*Cythereis*). 498, t.-pl. V (33), XXII (10).
 var. *vinciennei* nov. var. [*Planorbis* (*Gyraulus*) *cordatus* SANDB.]. 539-540, XXIII b (3-4).
wassyensis n. sp. (*Eocytheropteron*). 496, t.-pl. IV (25), XXII (5).
witherelli BELL (*Plagiolophus*). 190, XI (3).
 cf. *woburnense* STOPES (*Podocarpoxylon*). 587-588, XXV (1-2).
wrightii RED ET GROVES nov. comb. (*Aclistochara*). 95, fig. 1.
Xanthopsis africana nov. sp. 187, XI (1).
yemenensis n. sp. (*Cryptoplocus*). 672, t.-pl. I (15), XXVII (7).
Zapfella pattei n. gen., n. sp. 447-451, XVIII à XX.

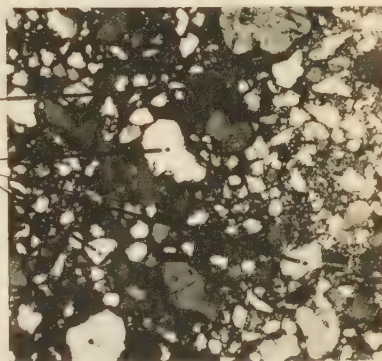
La gérante de la Soc. géol. : M. ODIER.



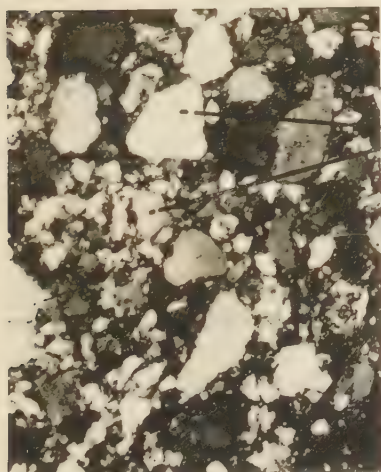
1



2



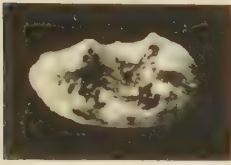
3



4



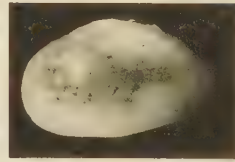
5



1



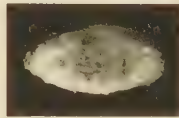
2



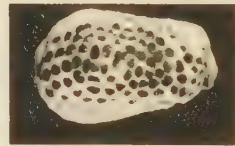
3



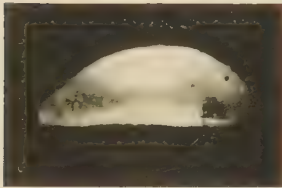
4



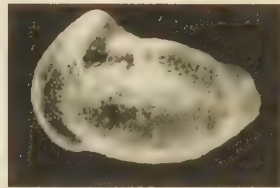
5



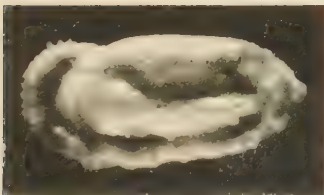
6



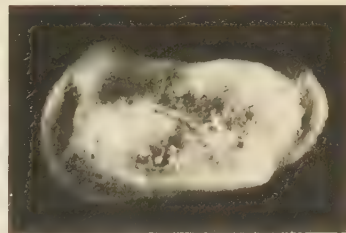
7



8



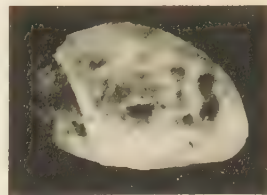
9



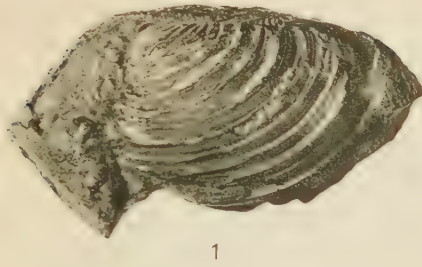
10



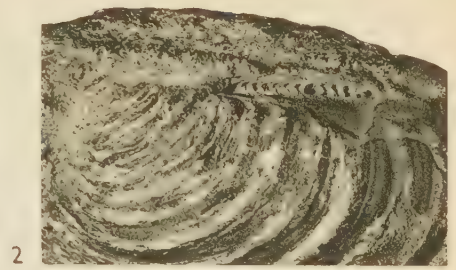
11



12



1



2

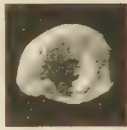
Note de P. JODOT



1a



1b



1c



2a



2b



2c



3a



3b



3c



4a



4b



4c



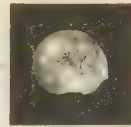
6a



6b



5a



5b



8a



8b



10a



10b



7



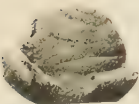
9



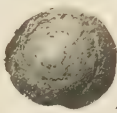
11a



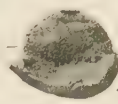
11b



12



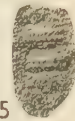
13a



13b



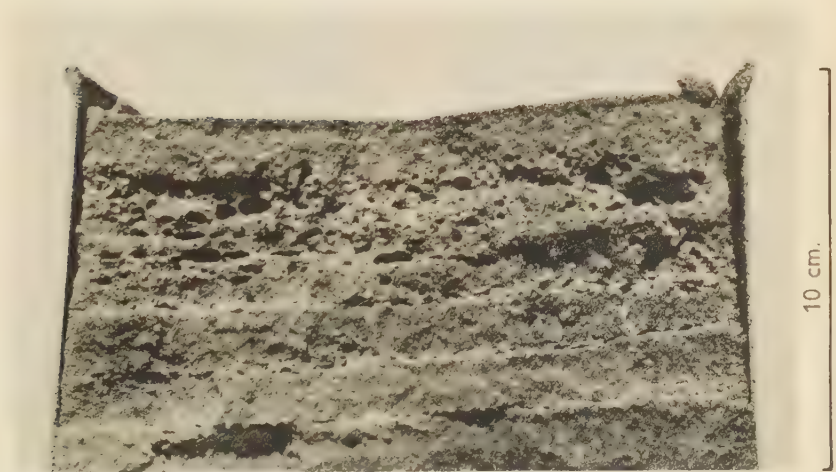
14

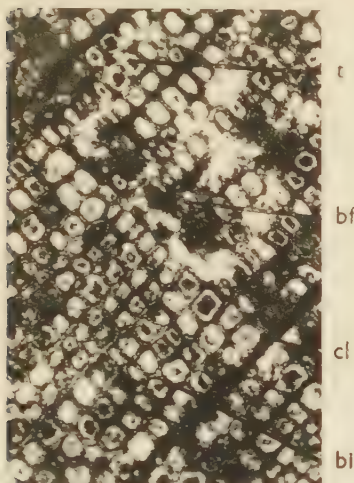


15

Fig. 1 à 5 : Cl. P. Mémin

Fig. 6 à 15 : Cl. Cintract

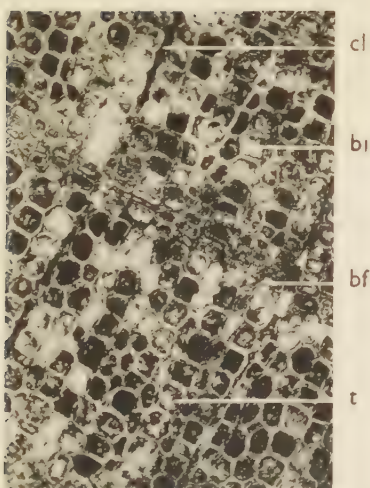




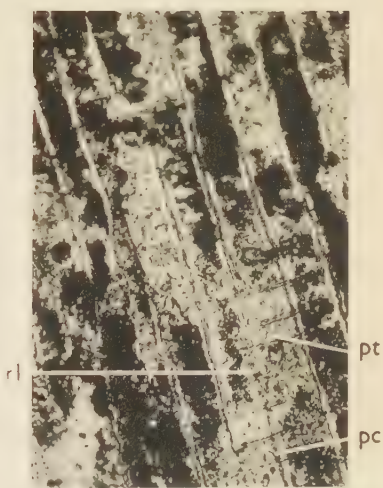
1



2



3

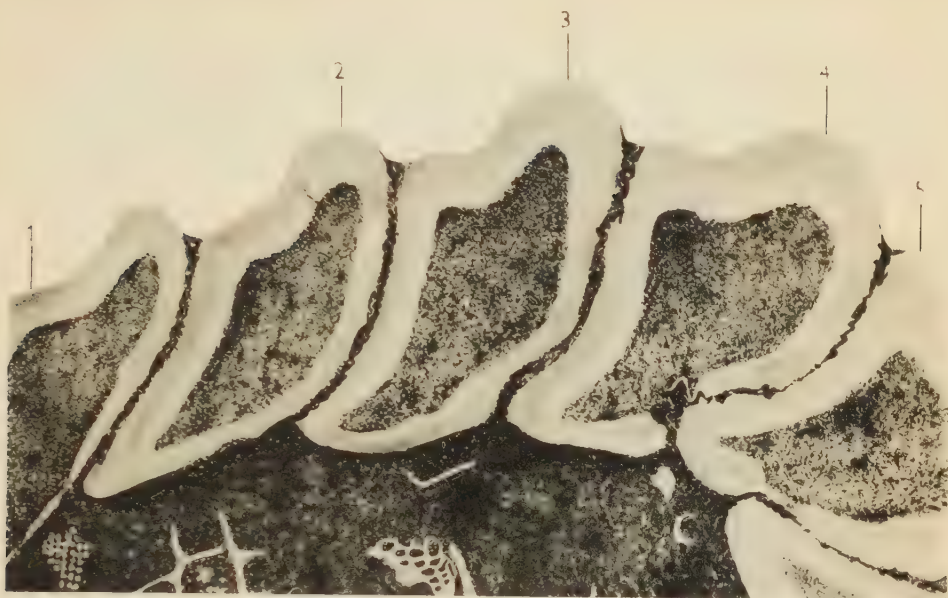


4

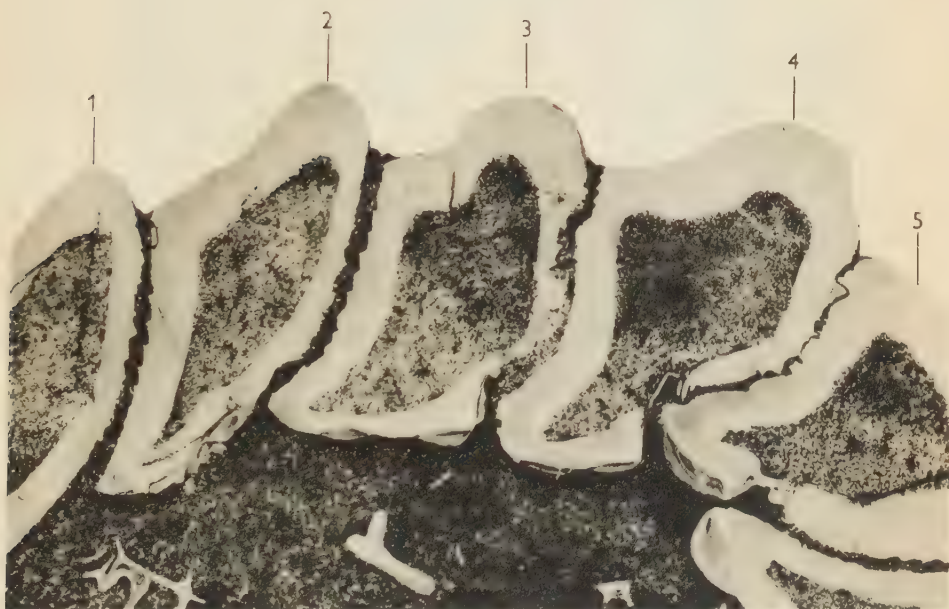








A

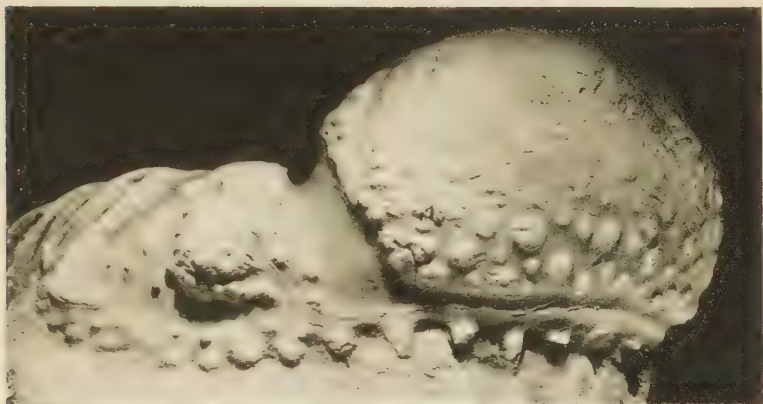


B



1

2



3



4





1



2



Cl. P. Mémis

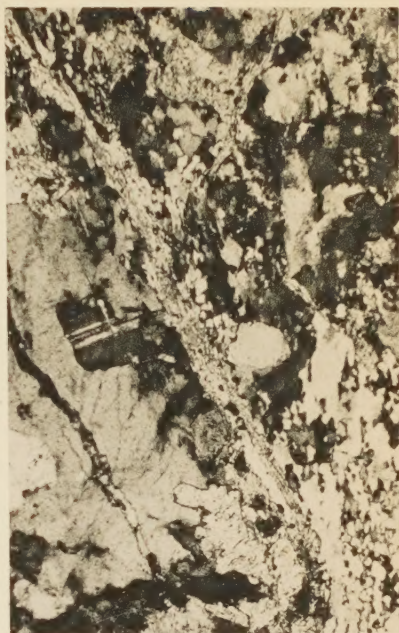
3



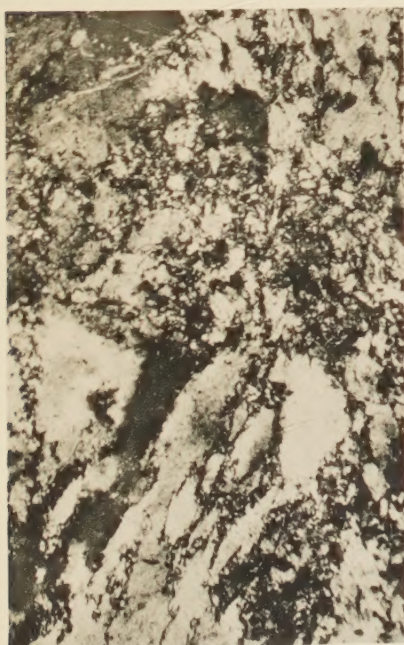
4



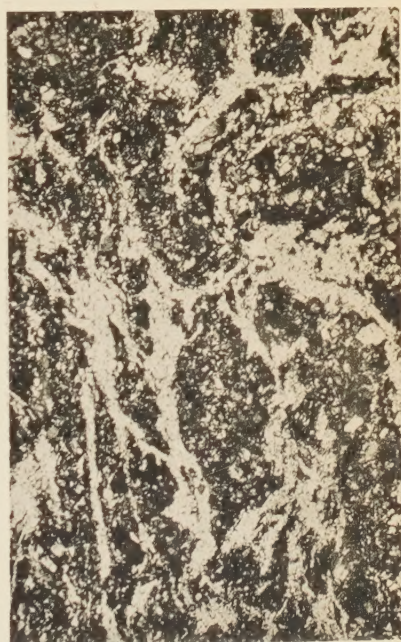
1



2



3



4

